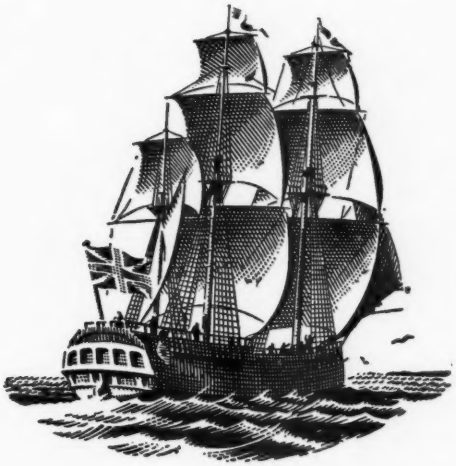
ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain



VOLUME XIII · 1954

LISTE ALPHABÉTIQUE DES NOMS D'AUTEURS

ANDRADE, E. N. DA C. Viscosité des liquides. 117.
ARMITAGE, A. L'abbé Jean Picard (1620–82). 17.
ARTICLES DE TÊTE
La Station de Recherches de Long Ashton. 3.
Science et imagination. 59.
La Royal Society of Arts de Grande-Bretagne. 115.
Sir Charles Parsons (1854–1931). 171.
BEALE, G. H. L'hérédité chez les Paramécies. 33.
BRISTOWE, W. S. Les chélicères des Araignées: leur évolution et leurs fonctions. 42.
BRUCE, F. M. Décharge-étincelle sous haute tension. 61.
DARROW, K. K. Les semi-conducteurs. 101.
DOHRN, R. Le Centre Zoologique de Naples. 22.
GÄUMANN, E. Toxines et maladies des plantes. 198.
GREINACHER, H. Evolution des compteurs de particules. 190.
HARANT, H. Le Jardin des Plantes de Montpellier. 97.
HORNING, E. S. Procédés histologiques en cancérologie. 207.
JAMES, W. O. Chaînes de réactions en respiration végétale. 155.
JAQUEROD, A. Science et chronométrie. 134.
KENDALL, J. La Société de l'Alambic. 94.
KUHN-SCHNYDER, E. L'origine des Lézards. 213.
LIBBY, W. F. Mesure de l'âge par le radiocarbone. 5.
MASSEY, H. S. W. Nature de la haute atmosphère. 81.
MILLS, W. H. Un professeur éminent: H. J. H. Fenton (1854–1929). 205.
NOUVEL, J. C. G. *Voir* URBAIN, A. et NOUVEL, J. C. G.
PETERS, SIR RUDOLPH. Une synthèse léthale: éclaircissements biochimiques sur un poison ancien. 147.
PRZIBRAM, K. Couleurs d'irradiation des minéraux. 37.
RAWLINS, F. I. G. et WERNER, A. E. A. Recherches techniques entreprises à la National Gallery de Londres. 140.
ROBINSON, SIR ROBERT. Phénomènes électriques intramoléculaires et transformations chimiques. 173.
SINGER, C. Orfèvrerie antique. 86.
STEPHENSON, ANNE. *Voir* STEPHENSON, T. A. et STEPHENSON ANNE.
STEPHENSON, T. A. et STEPHENSON, ANNE. Les îles Bermudes. 72.
TABOR, D. La dureté des solides. 27.
URBAIN, A. et NOUVEL, J. C. G. Ethologie des animaux exotiques des parcs zoologiques. 184.
WERNER, A. E. A. *Voir* RAWLINS, F. I. G. et WERNER, A. E. A.
WITTOP KONING, D. A. Le Musée médico-pharmaceutique d'Amsterdam. 128.

REVUE DES LIVRES

ASHWORTH UNDERWOOD, E. (deux volumes publiés sous la direction de). Science, Medicine and History. Essays in honour of Charles Singer. 222.
BAUMGARDT, CAROLA. Johannes Kepler: Life and Letters. 50.
BIKERMAN, J. J. Foams: Theory and Industrial Applications. 166.
BRIMLEY, R. C. et BARRETT, F. C. Practical Chromatography. 52.
BROWNING, ETHEL. Toxicity of Industrial Organic Solvents. 53.
BUCHNER, PAUL. Endosymbiose der Tiere mit Pflanzlichen Mikro-organismen. 220.
COOK, J. W. (publié par). Progress in Organic Chemistry, Volume II. 164.
COULSON, C. A. Christianity in an Age of Science. 54.
CRANWELL, LUCY M. New Zealand Pollen Studies: The Monocotyledons, a Comparative Account. 107.
CROIZAT, LÉON. Manual of Phytogeography. 51.
DARLINGTON, C. D. The Facts of Life. 163.
DAWES, BEN. A Hundred Years of Biology. 106.
DE BOER, J. H. The Dynamical Character of Adsorption. 108.
DESCH, H. E. Timber: its Structure and Properties. 108.
ECCLES, J. C. The Neurophysiological Basis of Mind. 53.
FAULKNER, EDWARD. Soil Restoration. 50.
GAYDON, A. G. et WOLFHARD, H. G. Flames. Their Structure, Radiation and Temperature. 221.
GRAY, JAMES. How Animals Move. 110.
GREY WALTER, W. The Living Brain. 108.
HEILBRON, SIR IAN, et BUNBURY, H. M. (Présidents du Comité de Publication). Dictionary of Organic Compounds. 220.
HEIM, R. (publié par). Buffon. 50.
HEISENBERG, W. Nuclear Physics. 166.
INGOLD, C. T. Dispersal in Fungi. 51.
JACOBSON, C. A. avec la collaboration de HAMPEL, C. A. et WEAVER, E. C. (composée et publiée sous la direction de). Encyclopedia of Chemical Reactions, Volume V. 52.
KENDREW, W. G. The Climates of the Continents. 165.
KONINKLIJK NEDERLANDS METEOROLOGISCH INSTITUUT 1854–1954. 221.
KOSMOS GESELLSCHAFT DER NATURFREUNDE. Kosmos Lexikon der Naturwissenschaften, A–K. 110.
KUHN-SCHNYDER, EMIL. Geschichte der Wirbeltiere. 110.
KÜHNER, R. et ROMAGNESI, H. Flore analytique des champignons supérieurs. 164.
LEDERER, E. et LEDERER, M. Chromatography: a review of principles and applications. 165.
LIPSON, H. et COCHRAN, W. The Determination of Crystal Structures. 220.
LYTTLETON, R. A. The Stability of Rotating Liquid Masses. 54.
MCKIE, DOUGLAS (avec une introduction de). The Essays of Jean Rey. 108.
MILLER, G. L. Metallurgy of the Rarer Metals: No. 2 — Zirconium. 221.
MOORE, PATRICK. Guide to the Moon. 163.
MOTT, N. F. Elements of Wave Mechanics. 109.
NICOLLE, J. Un Maître de l'Enquête Scientifique, Louis Pasteur. 220.
OPARIN, A. I. The Origin of Life. 107.
ORE, OYSTEIN. Cardano, the Gambling Scholar. 163.
PALOMBI, ARTURO, et SANTARELLI, MARIO. Gli animali commestibili dei mari d'Italia. 110.
PERUCCA, ELIGIO (publié sous la direction de). Dizionario d'Ingegneria, Volume III, FOS–MOS. 166.
PIVETEAU, JEAN (publié sous la direction de). Traité de Paléontologie, Volume III. 165.
POLLARD, F. H. et MCOMIE, J. F. W. Chromatographic Methods of Inorganic Analysis. 52.
RADLEY, J. A. Starch and its Derivatives, Volume I. 52.
RAMSBOTTOM, JOHN. Mushrooms and Toadstools. 107.
RANDALL, J. T. et JACKSON, SYLVIA FITTON (publié par). Nature and Structure of Collagen. 165.
RICKETTS, E. F. et CALVIN, J. Between Pacific Tides. (3e edition revue par HEDGPETH, JOEL W.) 54.
ROSSI, BRUNO. High-energy Particles. 109.
SEGRÈ, E. (publié sous la direction de). Experimental Nuclear Physics, Volumes I et II. 221.
SMITH, W. A. et KENT, F. L. (publié par, avec la collaboration de STRATTON, G. B.). World List of Scientific Periodicals Published in the Years 1900–1950. 50.
SULLY, A. H. Metallurgy of the Rarer Metals: No. 1 — Chromium. 221.
VON DECHEND, HERTHA. Justus von Liebig in eigenen Zeugnissen und solchen seiner Zeitgenossen. 107.
WADDINGTON, C. H. The Epigenetics of Birds. 51.
WHITTAKER, SIR EDMUND. History of the Theories of Aether and Electricity: The Modern Theories, 1900–1926. 109.
WILD, F. Estimation of Organic Compounds. 222.
WISE, L. E. et JAHN, E. C. (publié sous la direction de). Wood Chemistry. 53.
WOOD, ALEX (œuvre achevée par Frank Oldham). Thomas Young, Natural Philosopher, 1773–1829. 163.

TABLE DES MATIÈRES

Les articles sont ici disposés par ordre numérique de sujets, d'après le système de Classification Décimale Universelle (British Standard 1000). Voir à la page IV le répertoire alphabétique.

06 INSTITUTS. SOCIÉTÉS. MUSÉES

061.231:52:92 L'abbé Jean Picard (1620–82). ARMITAGE, A. 17.
061.231:54 La Société de l'Alambic. KENDALL, J. 94.
061.62(457):59 Le Centre Zoologique de Naples. DOHRN, R. 22.
069.5 :615.1(492) Le Musée médico-pharmaceutique d'Amsterdam. WITTOP KONING, D. A. 128.

52 ASTRONOMIE

52:92:061.231 L'abbé Jean Picard (1620–82). ARMITAGE, A. 17.
529.78:681.11 Science et chronométrie. JAQUEROD, A. 134.

53 PHYSIQUE

53:54:75.004.6 Recherches techniques entreprises à la National Gallery de Londres. RAWLINS, F. I. G. et WERNER, A. E. A. 140.
532.13 Viscosité des liquides. ANDRADE, E. N. DA C. 117.
535.6:539.16 :549.45 Couleurs d'irradiation des minéraux. PRZIBRAM, K. 37.
537.311.33 :538.632 Les semi-conducteurs. DARROW, K. K. 101.
537.591.8 :546.26.02.14 :550.93 Mesure de l'âge par le radiocarbone. LIBBY, W. F. 5.
538.632 :537.311.33 Les semi-conducteurs. DARROW, K. K. 101.
539.13:541.5 Phénomènes électriques intramoléculaires et transformations chimiques. ROBINSON, SIR ROBERT. 173.
539.16:549.45 :535.6 Couleurs d'irradiation des minéraux. PRZIBRAM, K. 37.
539.16.08 :621.374.32 :621.387.4 Evolution des compteurs de particules. GREINACHER, H. 190.
539.53:620.178 La dureté des solides. TABOR, D. 72.

54 CHIMIE

54:061.231 La Société de l'Alambic. KENDALL, J. 94.
54:75.004.6:53 Recherches techniques entreprises à la National Gallery de Londres. RAWLINS, F. I. G. et WERNER, A. E. A. 140.
54:92 Un professeur éminent: H. J. H. Fenton (1854–1929). MILLS, W. H. 205.
541.5:539.13 Phénomènes électriques intramoléculaires et transformations chimiques. ROBINSON, SIR ROBERT. 173.
546.26.02.14 :550.93 :537.591.8 Mesure de l'âge par le radiocarbone. LIBBY, W. F. 5.
547.464.3 :577.12 :576.8.095.18 Une synthèse léthale: éclaircissements biochimiques sur un poison ancien. PETERS, SIR RUDOLPH. 147.
549.45:535.6 :539.16 Couleurs d'irradiation des minéraux. PRZIBRAM, K. 37.

55 SCIENCES GÉOLOGIQUES ET GÉOPHYSIQUES

550.93 :537.591.8 :546.26.02.14 Mesure de l'âge par le radiocarbone. LIBBY, W. F. 5.
551.46:582 :59(729.9) Les îles Bermudes. STEPHENSON, T. A. et STEPHENSON, ANNE. 72.
551.510.53 Nature de la haute atmosphère. MASSEY, H. S. W. 81.

56 PALÉONTOLOGIE

568.112:576.1 L'origine des Lézards. KUHN-SCHNYDER, E. 213.

57 SCIENCES BIOLOGIQUES

575.1:576.311 :593.171.4 L'hérédité chez les Paramécies. BEALE, G. H. 33.
576.1:568.112 L'origine des Lézards. KUHN-SCHNYDER, E. 213.
576.311 :593.171.4 :575.1 L'hérédité chez les Paramécies. BEALE, G. H. 33.
576.72 :616-006.4-091.8 Procédés histologiques en cancérologie. HORNING, E. S. 207.
576.8.06:632.5 Toxines et maladies des plantes. GÄUMANN, E. 198.
576.8.095.18 :547.464.3 :577.12 Une synthèse léthale: éclaircissements biochimiques sur un poison ancien. PETERS, SIR RUDOLPH. 147.
577.12 :576.8.095.18 :547.464.3 *Idem.*

58 BOTANIQUE

58.006(448) Le Jardin des Plantes de Montpellier. HARANT, H. 97.
581.12 Chaînes de réactions en respiration végétale. JAMES, W. O. 155.
582:59(729.9) :551.46 Les îles Bermudes. STEPHENSON, T. A. et STEPHENSON, ANNE. 72.

59 ZOOLOGIE

59:061.62(457) Le Centre Zoologique de Naples. DOHRN, R. 22.
59(729.9) :551.46:582 Les îles Bermudes. STEPHENSON, T. A. et STEPHENSON, ANNE. 72.
59.006:591.082 Ethologie des animaux exotiques des parcs zoologiques. URBAIN, A. et NOUVEL, J. C. G. 184.
591.082:59.006 *Idem.*
591.47:595.4 Les chélicères des Araignées: leur évolution et leurs fonctions. BRISTOWE, W. S. 42.
593.171.4:575.1 :576.311 L'hérédité chez les Paramécies. BEALE, G. H. 33.
595.4:591.47 Les chélicères des Araignées: leur évolution et leurs fonctions. BRISTOWE, W. S. 42.

61 MÉDECINE

615.1(492) :069.5 Le Musée médico-pharmaceutique d'Amsterdam. WITTOP KONING, D. A. 128.
616-006.4-091.8:576.72 Procédés histologiques en cancérologie. HORNING, E. S. 207.

62 ART DE L'INGÉNIEUR

620.178:539.53 La dureté des solides. TABOR, D. 27.
621.3.015.52 :621.317.728 .027.8 Décharge-étincelle sous haute tension. BRUCE, F. M. 61.
621.317.728 .027.8 :621.3.015.52 *Idem.*
621.374.32 :621.387.4 :539.16.08 Evolution des compteurs de particules. GREINACHER, H. 190.
621.387.4 :539.16.08 :621.374.32 *Idem.*

63 AGRICULTURE

632.5:576.8.06 Toxines et maladies des plantes. GÄUMANN, E. 198.

669 MÉTALLURGIE

669.217-13 Orfèvrerie antique. SINGER, C. 86.

681 FINE MÉCANIQUE

681.11:529.78 Science et chronométrie. JAQUEROD, A. 134.

75 BEAUX-ARTS

75.004.6:53:54 Recherches techniques entreprises à la National Gallery de Londres. RAWLINS, F. I. G. et WERNER, A. E. A. 140.

92 BIOGRAPHIE

92:061.231:52 L'abbé Jean Picard (1620–82). ARMITAGE, A. 17.

92:54 Un professeur éminent: H. J. H. Fenton (1854–1929). MILLS, W. H. 205.

RÉPERTOIRE ALPHABÉTIQUE

Académie Royale des Sciences 061.231
Acide fluoracétique 547.464.3
Age géologique 550.93
Agriculture 63
Alembic Club 061.231:54
Alimentation
  Animaux exotiques 591.082
Amsterdam
  Musée médico-pharmaceutique 069.5:615.1(492)
Animaux
  Ethologie 591.082
Anionoïde
  Réaction 539.13:541.5
Arachnides 595.4
Araignées 595.4
Associations scientifiques 061.231
Astronomie 52
Atmosphère 551.510.5
Aurores 551.510.53

Bactéries toxigènes 576.8.06
Balancier spiral 681.11
Beaux-Arts 75
Bermudes 551.46(729.9)
Biochimie 577.1
Biographie 92
Biologie 57
Botanique 58

Cancer 616-006.4
Carbone 546.26
Cationoïde
  Réaction 539.13:541.5
Cellules
  Biologie 576.3
Cellules cancéreuses 616-006.4:576.72
Centre Zoologique
  Naples 59:061.62(457)
Chambre d'ionisation 621.387
Chélicères
  Araignées 591.47:595.4
Chimie 54
Chromatographie
  Résines naturelles 54:53:75.004.6
Chronométrie 529.78
Compteurs de particules 621.387
Conductivité électronique 537.311
Conservation
  Peintures 75.004.6:54:53
Couches atmosphériques 551.510.53
Couleurs 535.6
Cycle de Krebs
  Respiration végétale 581.12
Cytologie 576.3
Cytoplasme 576.311

Décharge étincelle 621.3.025.52
Dipôle 539.13
Dureté 539.53

Eclateur
  Champ uniforme 621.317.728
Effet Hall 538.632
Elasticité 539.5
Electricité 537
Electromagnétisme 538
Electronique 621.38
Electrons 539.13
  Valence 541.5
Electrotechnique 621.3
Empreinte
  Dureté 539.53
Essais
  Dureté 620.178
Ethologie
  Animaux exotiques 591.082
Etincelle électrique 621.3.015.52
Etincelles
  Compteurs 621.387
Evolution 576.1

Fenton, H. J. H. 92:54
Flétrissure 632.5
Fluorine 549.45
Fluoracétate 547.464.3
Fossiles 562/569
Frottis
  Histologie 576.72

Geiger-Müller
  Compteurs 621.387.4
Génétique 575.1
Géologie 55
Géophysique 55

Haute tension
  Mesure 621.317.728.027.8
Hérédité 575.1
Histologie 576.72
Horlogerie 681.11
Hydrodynamique 532

Ingénieur
  Science de l' 62
Ionisation
  Compteurs 621.387
Ionosphère 551.510.53
Irradiations α β γ 539.16
Isochronisme 529.78
Isotopes
  Carbone 546.26.02

Jardin des Plantes
  Montpellier 58.006(448)

Lézards
  Paléozoologie 568.112
Lunettes
  Astronomie 52
Laboratoires
  Pharmacie 615.1
Liquides
  Viscosité 532.13

Maladies végétales 632.5
Médecine 61
Mesure du temps 529
Métabolisme
  Respiration végétale 581.12
Métallurgie 669
Météorologie 551.5
Minéralogie 549
Montpellier
  Jardin des Plantes 58.006(448)
Multiplicateurs d'électrons 621.374
Musées 069

Naples
  Centre Zoologique 59:061.62(457)
Neutrons
  Radiation cosmique 537.591.8

Océanographie 551.46
Optique 535
Or 669.21
Orfèvrerie 669.217-13

Paléontologie 56
Paléozoologie 562/569
Paramécie 593.171.4
Parasites toxigènes 576.8.06
Parcs zoologiques 59.006
Pathologie 616
Pathologie végétale 632.5
Peinture 75
Pendule
  Mesure du temps 529.78
Pharmacie 615
Phylogénie 576.1
Physiologie végétale 581.1
Physique 53
Phytopathologie 632.5
Picard, Jean 52:92:061.231
Plasmagène 576.311
Plasticité 539.53
Poison végétal 576.8.095.18
Propriétés plastiques 539.5

Quartz
  Horloge 529.78

Radiations
  Compteurs 621.387
Radioactivité 539.16
Radiocarbone 546.26.02.14
Rayons cosmiques 537.591
Rayure
  Dureté 539.53
Réactivité 541.5
Redresseurs
  Semi-conducteurs 537.311.33
Reptiles
  Paléozoologie 568.1
Respiration végétale 581.12
Restauration
  Peintures 75.004.6:53:54

Scintillation
  Compteurs 621.387
Sel gemme 549.45
Semi-conducteurs 537.311.33
Sociétés 061
Stazione Zoologica
  Naples 59:061.62(457)
Stratosphère 551.510.53

Télescopes
  Astronomie 52
Temps
  Mesure 529
Tissus 576.72
Toxicité
  Plantes 576.8.095.18
Toxines 576.8.06
Transistors
  Semi-conducteurs 537.311.33
Troposphère 551.510.53
Tubes compteurs 621.387
Tumeurs cancéreuses 616-006.4

Valence 541.5
Viscosité
  Liquides 532.13

Zoologie 59

Imprimé en Grande-Bretagne par THE KYNOCH PRESS, *Witton, Birmingham, 6, pour les éditeurs,*
IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES LIMITED, *Londres, S.W.1*

ENDEAVOUR

Revue trimestrielle destinée à tenir registre du progrès
des sciences au service du genre humain

VOLUME XIII Janvier 1954 NUMÉRO 49

SOMMAIRE

Article de Tête: La Station de Recherches de Long Ashton 3

546.26.02.14:550.93:537.591.8
Mesure de l'âge par le radiocarbone — W. F. LIBBY — 5

52:92:061.231
L'abbé Jean Picard (1620–82) — A. ARMITAGE — 17

59:061.62(457)
Le Centre Zoologique de Naples — R. DOHRN — 22

539.53:620.178
La dureté des solides — D. TABOR — 27

593.171.4:575.1:576.311
L'hérédité chez les Paramécies — G. H. BEALE — 33

535.6:539.16:549.45
Couleurs d'irradiation des minéraux — K. PRZIBRAM — 37

595.4:591.47
Les chélicères des Araignées: leur évolution et leurs fonctions — W. S. BRISTOWE — 42

049.3
Revue des livres 50

Livres reçus 55

Notes biographiques sur les collaborateurs 56

Rédacteur en chef: E. J. HOLMYARD, M.A., M.Sc., D.Litt., F.R.I.C.
Rédacteur adjoint: TREVOR I. WILLIAMS, M.A., B.Sc., D.Phil., F.R.I.C.
Pour les éditions étrangères: J. A. WILCKEN, B.Sc., Ph.D.

Imperial Chemical Industries Limited, Millbank, Londres, S.W.1
Prière d'adresser toute correspondance à la rédaction, North Block, Thames House, Millbank, Londres, S.W.1

La Station de Recherches de Long Ashton

Près de Bristol, dans le Somerset, est situé le village de Long Ashton. Avec ses maisons dispersées, tout en longueur, il n'est décidément pas beau. Cependant les biologistes et les horticulteurs du monde entier le connaissent bien, car c'est là que se trouve la Station de Recherches, que les gens du pays appellent familièrement l'Institut du Cidre. Pour en marquer le cinquantenaire, le Directeur de la Station et un de ses principaux auxiliaires ont fait paraître, avec l'aide de plusieurs collaborateurs, un beau volume[1] contenant l'historique de la Station et un aperçu de ses activités.

En 1893 un châtelain du Somerset, M. Grenville, imagina d'appliquer des techniques scientifiques à la fabrication du cidre et dans sa ferme, près de Glastonbury, poursuivit jusqu'en 1903 des expériences à cet effet: c'est ainsi que la Station de Recherches prit naissance. Grenville entrevit la possibilité de transformer le cidre, breuvage alors assez fruste, en une boisson qui serait recherchée dans le pays tout entier. Il s'adjoignit un analyste diplômé dont les recherches sur le cidre et sa fabrication furent si fructueuses qu'elles réussirent après une dizaine d'années à attirer l'attention de l'Administration. La question fit l'objet d'une conférence en 1902; puis la Commission (actuellement le Ministère) de l'Agriculture, divers Conseils Municipaux et une société agricole en vue, promirent leur appui financier, et enfin en 1903 le *National Fruit and Cider Institute* vit le jour.

Les commencements de l'Institut furent très modestes; mais les organisateurs voyaient loin. Dès le début on dressa pour l'Institut un programme très étendu où la recherche et l'enseignement tenaient une place aussi importante que les objectifs pratiques. On projetait d'y faire la démonstration, après les avoir étudiés, des meilleurs procédés de culture des fruits et des légumes; d'encourager par l'exemple et le précepte des recherches sur les facteurs qui interviennent dans la fabrication des produits de fruits tels que les cidres de pomme et de poire; d'améliorer les variétés existantes de fruits et de légumes et d'en créer et acclimater de nouvelles; d'organiser des cours et des conférences pour la diffusion des découvertes nouvelles susceptibles d'être utilisées.

L'Institut ayant adopté la sage méthode de se «hâter lentement» se consacra tout d'abord presque entièrement au cidre, mais en même temps il créa des vergers d'essais et établit des relations reconnues indispensables avec les fermiers de la région ainsi qu'avec le personnel scientifique du Collège Universitaire (devenu l'Université) de Bristol. Tant par ces activités que par la coopération des habitants de l'endroit, l'Institut s'affirma de telle sorte que l'Etat, en 1909, en fit l'un des Instituts Agronomiques officiels nouvellement créés, en posant comme condition son affiliation à l'Université de Bristol qui venait d'être fondée. Le Directeur devint en conséquence professeur de biologie agricole à l'Université et chef de la section Agriculture et Horticulture; tandis que l'Institut lui-même s'appelait désormais la Station de Recherches de Long Ashton. L'association qui protégea les débuts de l'Institut existe encore sous le nom de *National Fruit and Cider Institute* et sert de trait d'union entre les industries fruitière et cidrière.

Depuis 1912 la Station suit résolument la voie du progrès et ses locaux doivent périodiquement être agrandis. Chaque spécialité — chimie, mycologie, phytopathologie, entomologie et autres — possède actuellement un laboratoire bien outillé. Il y a en outre une riche bibliothèque, une installation pour l'étude de la physiologie végétale, comportant un épurateur de sable et un alambic; une usine modèle, des serres, des ateliers, des bâtiments de ferme et des magasins. D'autre part, le nombre de stations agronomiques en Grande-Bretagne s'étant décuplé, celle de Long Ashton a pu passer à d'autres certains travaux dont elle s'était chargée obligatoirement pendant les deux guerres mondiales, et se cantonner dans une étude plus poussée des questions qui avaient motivé sa fondation. Ses diverses sections sont actuellement: cidre et autres produits de fruits, arboriculture fruitière, pomologie, pépinières, mycologie, entomologie, insecticides et fongicides, conservation des fruits et des légumes à l'échelle ménagère, et culture du saule. Une équipe spécialisée du Conseil de la Recherche Agricole étudie à Long Ashton, sous le contrôle du Directeur de la Station, les questions relatives aux engrais minéraux destinés aux plantes vivrières.

Sir Winston Churchill écrit dans la préface de *Science and Fruit*: «L'humanité tout entière est sous-alimentée, et les savants britanniques se doivent de continuer à mener le train des recherches sur les problèmes alimentaires. Tous ceux qui s'intéressent à ces problèmes connaissent Long Ashton et

[1] «Science and Fruit: Commemorating the Jubilee of the Long Ashton Research Station», publié sous la direction de T. Wallace et R. W. Marsh. Université de Bristol, 1953. 30s.

ses réalisations». Celles-ci, dont nous ne pouvons donner qu'un bref aperçu, ont en effet une importance majeure.

Tout d'abord, et pour rendre hommage à M. Grenville, il faut rappeler que c'est grâce à Long Ashton que la fabrication du cidre, autrefois reléguée à la ferme ou à la petite entreprise, est devenue une puissante industrie; métamorphose que seule une étude attentive de tous les aspects de l'opération a rendue possible: depuis la culture des pommiers jusqu'aux qualités marchandes du produit manufacturé; depuis les détériorations d'origine bactérienne jusqu'au rapport de la teneur en azote du jus de pomme et la vitesse de la fermentation. Ces recherches ont en outre grossi la somme de connaissances théoriques relatives notamment aux activités des organismes en cause, à la nature des réactions chimiques qui interviennent, l'action des substances qui accélèrent ou retardent la croissance, la parthénocarpie, la régulation de la formation des bourgeons et de la nouure des fruits.

En ce qui concerne la nutrition des végétaux, une des découvertes les plus intéressantes faites à Long Ashton est que le manque de potassium provoque chez les arbres la maladie appelée *leaf scorch*. L'utilisation de cette découverte fit un bien considérable à la production fruitière; elle a permis de rendre la vie et la vigueur à bon nombre d'arbres condamnés, et d'utiliser pour la culture fruitière des terrains qui jusque-là y avaient été jugés impropres. On élabora, pour le dépistage à vue des déficiences et des excès de nutrition chez les arbres fruitiers, des méthodes qui furent par la suite appliquées aux produits des champs et des jardins maraîchers. On les renforça par d'autres méthodes rapides notamment l'utilisation d'*Aspergillus niger* pour la détermination des éléments nutritifs présents en quantités même infinitésimales dans les sols, les tissus végétaux frais et les extraits de fruits.

Le problème de la lutte contre les maladies et les prédateurs des fruits qui a retenu l'attention d'une foule de chercheurs, tant britanniques qu'étrangers, n'a pas laissés indifférents les savants de Long Ashton: ils ont étudié des insecticides et des fongicides et réalisé des méthodes et des appareils efficaces pour la protection des fruits par pulvérisations. Leurs travaux et ceux accomplis par les autres stations agronomiques ont permis de maîtriser presque tous les plus redoutables ennemis des fruits et la plupart de leurs maladies graves, au moyen de pulvérisations judicieuses de solutions appropriées.

Une section spéciale de la Station de Long Ashton est consacrée aux questions scientifiques ayant trait à la conservation des fruits et des légumes, par exemple, la température minimum qu'il faudrait pour détruire les micro-organismes nocifs, compte tenu du *p*H des différents fruits; la neutralisation par la chaleur des systèmes enzymatiques et la rétention des vitamines, notamment l'acide ascorbique (vitamine C). Dès 1915 on avait constaté à la Station que le marc de pomme, sous-produit de la fabrication du cidre, était riche en pectine, principal facteur coagulant des confitures, et depuis c'est ce marc qui fournit la plupart de la pectine consommée en Grande-Bretagne.

Les caprices du climat et d'autres facteurs mettent souvent obstacle à la pollinisation croisée des arbres fruitiers et les récoltes en sont appauvries. Les savants se sont attelés à la tâche de trouver des substances de croissance capables d'induire la fructification parthénocarpique. Pour la tomate on connaît plusieurs substances de ce genre. Toutefois les expériences faites à Long Ashton de 1942 à 1944 ont révélé que c'est l'acide 2-naphthoxy-acétique qui est dans la pratique la plus efficace. Cet acide vaporisé sur les fleurs à une concentration de 40 à 60 pour un million, peut amener la fructification sans affecter le feuillage. Les fruits ainsi obtenus sont de bonne qualité. Les cultivateurs se sont empressés de mettre cette découverte a profit pour la production de tomates, soit en serres, soit en plein air en mauvaise saison. On peut actuellement être assuré d'une récolte complète, que la saison soit favorable ou non pour la fructification. On pulvérise aussi les fraises à l'acide 2-naphthoxy-acétique: on cite un cas où une seule pulvérisation à 20 pour un million aurait donné une augmentation de rendement de 850 kg à l'hectare.

Ce bref historique de la Station de Recherches de Long Ashton et de quelques-unes de ses réalisations expliquera pourquoi nous joignons nos félicitations à celles qui ont été adressées à la Station à l'occasion du cinquantenaire de sa fondation.

Mesure de l'âge par le radiocarbone

par W. F. LIBBY

Le radiocarbone terrestre doit son origine à l'effet des rayons cosmiques sur l'azote atmosphérique, et toute matière organique, vivante ou morte, et beaucoup de matières minérales, en contiennent plus ou moins. L'auteur décrit ici la méthode qu'il a mise au point pour la détermination de l'âge par la mesure des radiations du radiocarbone au moyen d'un dispositif spécial dont le compteur Geiger est l'organe principal. Suit une liste de résultats qui démontrent la valeur de la méthode.

Le bombardement de la Terre par les rayons cosmiques réussit à désintégrer les noyaux des atomes de l'air, avec production de neutrons. On peut envoyer en altitude dans des ballons des compteurs de Geiger à neutrons. La densité de ceux-ci passe par un maximum vers 15 km, puis tombe brusquement à plus grande altitude, comme si les neutrons ne faisaient pas partie du rayonnement incident primaire, mais résultaient de la collision avec l'air des protons et des particules α primaires [1]. C'est une hypothèse logique, car on sait que le neutron est radioactif, avec une période d'environ 13 minutes [2], et se transforme en proton. Sa vie est trop courte pour qu'il puisse traverser les immenses espaces interstellaires. Tout au plus pourrait-il venir du soleil. On a pu apporter beaucoup de soin aux mesures faites avec les ballons: la production moyenne est de 2,4 neutrons par cm^2 et par seconde au-dessus de la surface terrestre, mais il y a de fortes variations avec la latitude [3]. Ces neutrons dus aux rayons cosmiques n'atteignent donc jamais la surface de la terre. Ils sont absorbés dans l'air, et on peut se demander quelle espèce nucléaire ils engendrent avec lui. On observe au laboratoire que l'oxygène est presque complètement inerte vis-à-vis des neutrons, tandis que l'azote, constituant principal de l'air, réagit vivement: la section efficace pour les neutrons thermiques est $1{,}7 \cdot 10^{-24}\ cm^2$. Il n'y a pratiquement qu'une seule réaction:

$$n + N^{14} = H + C^{14}$$

Il y a diverses autres possibilités. En particulier, il peut y avoir formation d'hydrogène radioactif (tritium), en proportion très faible par rapport au radiocarbone [4, 5]. En d'autres termes, le résultat principal du bombardement cosmique de l'air, tout au moins lorsqu'il produit intermédiairement des neutrons, doit être le radiocarbone. Il se forme donc environ 2,4 atomes de radiocarbone par seconde et par centimètre carré à la surface de la terre à l'époque actuelle.

Si la vitesse de formation a été la même dans le passé, particulièrement depuis plusieurs durées de vie du radiocarbone (période: 5 568 $\pm$ 30 années, vie moyenne: 8 030 années), il doit y avoir une quantité suffisante sur la terre pour qu'on ait atteint un état stationnaire. La totalité présente doit correspondre à la désintégration de 2,4 atomes par seconde et par centimètre carré, de façon que la vitesse de disparition soit égale à la vitesse de formation. D'après le calcul, cela fait environ 80 tonnes de radiocarbone sur la terre. Les vitesses des désintégrations radioactives sont tout particulièrement immuables: aucun agent disponible au laboratoire ne peut les changer de façon appréciable. Il est pratiquement sûr que la vitesse de disparition du radiocarbone, dans sa transformation inverse en N^{14} par désintégration β est la même, qu'il fasse partie d'un organisme vivant, de pierre à chaux, ou de gaz carbonique atmosphérique.

Où doit-on s'attendre à trouver cette quantité considérable de radiocarbone? Pourquoi ne l'a-t-on pas reconnue depuis longtemps? Le mécanisme de la genèse du radiocarbone nous apprend qu'il se forme en moyenne à des altitudes de 9 à 10 km. Il est dans la logique de la chimie que ces atomes de carbone brûlent dans l'air très peu après leur naissance et se transforment en gaz carbonique. Les rayons cosmiques introduisent donc du gaz carbonique radioactif dans l'air. Il y a un brassage probable par les vents, si bien que tout le gaz carbonique atmosphérique est contaminé, par l'apparition de 2,4 atomes C^{14} par seconde et par centimètre carré. Le gaz carbonique atmosphérique est l'origine principale du carbone végétal, puisque les plantes vertes l'assimilent par le mécanisme photosynthétique. Tout le règne végétal contient donc du radiocarbone. Le règne animal dépend des plantes pour sa

nourriture, et en contiendra aussi. Le carbonate, le bicarbonate, et les autres composés minéraux du carbone dissous dans l'eau de mer, en équilibre avec le gaz carbonique atmosphérique, seront aussi contaminés. Dans toute cette réserve diluée, il y a apparemment 8,3 g de carbone élémentaire par cm^2 de la surface terrestre. La majeure partie — 7,25 g — se trouve dissoute dans la mer, sous forme minérale, le reste se partage entre le gaz carbonique atmosphérique (0,12 g) et la matière vivante sur toute le terre, ou la matière organique morte dissoute dans l'eau de mer (0,9 g). Presque toute la réserve est en matière minérale dans la mer. Le dosage en est particulièrement facile. Le total, 8,3 g, est probablement exact à environ 10% près, malgré les grandes difficultés que soulèvent les déterminations relatives à la matière vivante sur la terre. Supposons donc qu'il y ait eu 8,3 g de carbone, en équilibre, ou mélangé avec le gaz carbonique atmosphérique, pendant une période comparable à la vie moyenne du radiocarbone, de l'ordre de 8 000 ans. Nous pouvons calculer l'activité spécifique de la matière vivante: par seconde et par gramme de carbone, il y aura 2,4 divisé par 8,3 désintégrations. Expérimentalement, on trouve 2,12 divisé par 8,3.

L'accord est satisfaisant et il est donc probable que le rayonnement cosmique est resté invariable depuis quelque 20 000 ans, et que notre hypothèse, non explicitement formulée, sur la constance du volume du réservoir de carbone est correcte. Car une corrélation quelconque entre l'intensité du rayonnement cosmique et le volume de la mer paraît invraisemblable. Puisque notre mesure dépend de leur rapport, nous considérerons que l'accord entre les activités spécifiques observées et calculées signifie que le rayonnement cosmique, aussi bien que le volume de la mer n'ont pas beaucoup changé depuis 10 000 ou 20 000 ans.

L'intensité des neutrons dus au rayonnement cosmique varie beaucoup avec la latitude [6]. On peut se demander si la matière vivante ne va pas être moins radioactive à l'équateur que dans les régions australes et septentrionales, car à 50° de latitude géomagnétique Nord, l'intensité des neutrons dus au rayonnement cosmique est environ quatre fois plus forte qu'à l'équateur. Un peu de réflexion montre que ceci n'est pas vraisemblable. La durée de vie moyenne de l'atome de carbone est 8 000 ans. Pendant ce laps de temps considérable, il y a un brassage par les vents et les courants maritimes. Des mesures directes ont confirmé ce point de vue. Aux erreurs d'expérience près, sur toute la surface de la terre la matière vivante sous toutes ses formes contient du radiocarbone avec la même activité par gramme de carbone total.

L'assimilation du radiocarbone cesse à la mort. Celui qui est alors présent dans l'organisme commence à disparaître avec un rythme invariable qui est celui de la désintégration de l'isotope lui-même. L'activité spécifique d'une momie, d'un morceau d'arbre ou de chair vieux de 5 568 ans sera la moitié de celle de la matière organique vivante aujourd'hui. La teneur en radiocarbone de la matière morte révèle donc son âge, un âge compté depuis la mort, et non, comme d'habitude, depuis la naissance. La précision de la mesure est conditionnée par celle de la mesure de la radioactivité spécifique. Or, on a pu faire une comparaison directe avec une matière organique d'âge connu, vieille de 5 000 ans, la plus vieille matière d'âge connu à notre disposition. Le résultat semble confirmer hypothèses et déductions. On a appliqué la méthode à l'étude des grandes périodes de la préhistoire, et on a obtenu un ensemble cohérent de dates, qui peut donner confiance en sa validité.

MÉTHODES DE MESURE

Il y a si peu de radiocarbone dans la matière vivante que sa mesure est difficile. Dans notre laboratoire, nous transformons l'échantillon en carbone, dont nous mesurons la radioactivité. On utilise le carbone pur, car tout atome diluant réduirait l'effet mesurable, en absorbant le rayonnement très mou du carbone. On se sert d'un compteur de Geiger (figure 2) dont l'échantillon de carbone recouvre la paroi cylindrique intérieure. C'est une disposition favorable, qui correspond à une bonne probabilité d'enregistrement des rayonnements. Celle-ci est effectivement de 5,46%, pour un échantillon de 8 g, recouvrant une surface de 400 cm^2.

Il y a 15,3 désintégrations par minute et par gramme de carbone dans la matière organique moderne, en moyenne. On enregistrera donc $8 \times 15{,}3 \times 0{,}0546$, soit 6,7 coups par minute, avec notre compteur particulier.

Un compteur de dimension normale a d'ordinaire un fond de cinq ou six cents coups par minute, dû à une contamination par les composés radioactifs du laboratoire et au rayonnement cosmique. Il va falloir évidemment le réduire à une fraction très faible de sa valeur normale pour avoir quelque espoir de doser le radiocarbone, même dans une matière organique moderne. On y arrive par le dispositif représenté sur les figures 3 et 5. Le fond est dû à deux types différents de

rayonnement, le rayonnement cosmique et les radioactivités naturelles, auxquels correspondent deux types de protection: une cuirasse d'une dizaine de centimètres de fer protège contre les radioactivités naturelles, et réduit le fond de 600 à 100 coups par minute. L'addition supplémentaire de fer ne diminue guère ce résidu de 100 coups par minute. Sept mètres de fer ne le réduisent que de 20 ou 30%. On ne peut donc absorber les rayons cosmiques, et il va falloir s'arranger pour exclure leur effet. Un cercle de compteurs de protection, adjacents les uns aux autres, est disposé autour du compteur central où l'on dose le radiocarbone. Ils sont branchés de telle façon qu'une décharge dans un des compteurs de protection déconnecte le compteur central pendant une petite fraction de seconde. Le rayonnement cosmique traverse plusieurs centimètres de fer, et il n'y a aucun doute qu'il peut traverser la fraction de centimètre de laiton ou de cuivre qui se trouve dans ce faisceau de compteurs. Tout rayonnement qui traverse le compteur central passe obligatoirement à travers le système de protection, sauf s'il est parallèle à sa longueur. On voit sur la figure que nous ne nous sommes pas souciés de disposer des rideaux de compteurs de protection aux extrémités. Cette disposition réduit le fond à 5 coups par minute. On pourrait regretter la réduction d'efficacité due à la déconnection du compteur central par les compteurs de protection qui fonctionnent en anticoïncidence. L'enregistrement total des compteurs de protection, n'est que de 900 coups à la minute. Comme chaque impulsion ne débranche le compteur central que pendant moins d'une milliseconde, on est certain de ne pas perdre plus d'une seconde par minute. Toutefois, ce type de dispositif de protection a des inconvénients pour des assemblages de grande dimension. Notons bien que le rayonnement du radiocarbone ne peut pas être annulé par les compteurs de protection, car il n'est pas assez pénétrant pour traverser les parois du compteur central. Une feuille de parchemin ordinaire suffit à l'arrêter complètement.

La conversion des échantillons en carbone élémentaire a lieu par combustion en gaz carbonique lorsqu'il s'agit de bois ou de tourbe. A partir de composés minéraux, comme le carbonate de calcium, le gaz carbonique se dégage par acidification. On aboutit donc toujours à du gaz carbonique. Il faut le purifier, pour en éliminer le radon, car on doit s'attendre à trouver de petites quantités d'uranium et de radium dans la plupart des produits, et les opérations de combustion et d'acidification l'entraînent avec le gaz carbonique. On précipite celui-ci à l'état de carbonate de calcium, qui est lavé et séché.

On acidifie alors le carbonate de calcium purifié avec de l'acide chlorhydrique, pour revenir au gaz carbonique. Ce gaz est séché, et logé dans des ampoules. Il est réduit en carbone élémentaire par du magnésium pur: on place de la tournure de magnésium dans un tube de fer ordinaire, d'environ 1 m de long et 25 mm de diamètre, relié à la canalisation de vide. On enlève l'air, on introduit une partie du gaz carbonique, et on chauffe le tube jusqu'à la température de fusion du magnésium, 651°. La réduction débute alors vigoureusement. En allant à une allure raisonnable, on peut continuer la réaction vive jusqu'à ce que le contenu des ampoules soit épuisé. On travaille d'ordinaire sur un atomegramme de carbone, soit à peu près 22,4 litres de gaz carbonique.

La réduction finie, on retire les solides du tube de fer, et on les extrait à l'acide chlorhydrique, pour se débarrasser de l'excès de magnésium et de la magnésie. Cela dure de 24 à 48 heures, et on obtient un noir de fumée pur à environ 90%. Il y reste encore de la magnésie, et environ 5% de composés volatils ne contenant pas de carbone, et pouvant être de l'eau absorbée, ou de l'oxygène retenue par chemisorption ou les deux à la fois. On dose le carbone dans les échantillons et on corrige en conséquence les comptages, toujours rapportés au carbone pur.

RÉPARTITION DU RADIOCARBONE DANS LE MONDE

Anderson [7–9] a poursuivi cette étude pour l'époque moderne. Les grandes variations de fréquence d'apparition suivant la latitude sont, comme on s'y attendait, complètement masquées par le brassage mondial qui a toute possibilité de se produire pendant la longue durée de vie du radiocarbone. Le tableau 1 donne l'activité de bois en provenance de localités dispersées sur toute la surface du globe. On ne s'écarte pas de façon significative de la moyenne.

La teneur absolue en radiocarbone s'accorde donc de façon satisfaisante avec son rythme actuel de production, en supposant que l'océan en contient essentiellement jusqu'en ses profondeurs. La quantité de carbone sous forme organique vivante sur la terre est négligeable vis-à-vis du carbone minéral de la mer. Or, en divisant la production moyenne de neutrons par seconde et par centimètre

TABLEAU I

Activité d'échantillons de la biosphère terrestre

Source	*Latitude géomagnétique*	*Activité spécifique absolue (désintégrations par minute et par gramme)*
Sapin blanc, Yukon	60° N	14,84±0,30
Epicéa, Suède	55° N	15,37±0,54
Bois d'orme, Chicago	53° N	14,72±0,54
Fraxinus excelsior, Suisse	49° N	15,16±0,30
Feuilles de chèvrefeuille, Tennessee	47° N	14,60±0,30
Rameaux et aiguilles de pin (alt. 4 000 m) Nouveau-Mexique ..	44° N	15,82±0,47
Ronce d'Afrique du Nord	40° N	14,47±0,44
Chêne, Palestine	34° N	15,19±0,40
Bois non identifié, Iran	28° N	15,57±0,34
Fraxinus mandshurica, Japon ..	26° N	14,84±0,30
Bois non identifié, Panama ..	20° N	15,94±0,51
Chlorophora excelsa, Libéria	11° N	15,08±0,34
Sterculia excelsa, Bolivie (alt. 3 000 m)	1° N	15,47±0,50
Bois de fer, Iles Marshall	0°	14,53±0,60
Bois non identifié, Ceylan	2° S	15,29±0,67
Bois de hêtre (*Nothofagus*), Terre-de-Feu	45° S	15,37±0,49
Eucalyptus, Nouvelle-Galles du Sud, Australie	45° S	16,31±0,43
Huile de phoque de l'Antarctique	65° S	15,69±0,30
Moyenne		15,3±0,1*

* Une erreur de calibrage du compteur a fait monter l'erreur sur la mesure absolue jusqu'à 0,5.

carré, 2,4, par la quantité correspondante de carbone de la mer et du cycle vivant, 8,3 g, on tombe à 10% près sur la dose observée de radiocarbone à l'époque actuelle. C'est l'indication pratiquement certaine d'un brassage de l'eau jusque dans les grandes profondeurs océaniques, sur des durées de l'ordre de 8 000 ans, ce qui a un intérêt réel pour les océanographes; cela indique aussi que le rayonnement cosmique n'a guère varié depuis 8 000 ans. Ce dernier point est évidemment vital pour la méthode. La dose de radiocarbone trouvée actuellement dans la matière vivante doit être celle qu'on aurait trouvée à n'importe quelle époque dans la matière contemporaine. Un morceau de bois moderne, doit contenir autant de radiocarbone qu'il y a 5 000 ans en Egypte. Nous verrons plus loin que ceci est confirmé par l'accord apparent entre les doses de radiocarbone contenus dans des échantillons d'âge connu historiquement.

MESURE DE L'ÂGE PAR LE RADIOCARBONE

C'était l'un des buts principaux de nos premières recherches, qui, après notre découverte du radiocarbone naturel dans le méthane des égouts de Baltimore, avec Grosse et ses collaborateurs [10], ont continué par la mise au point des techniques de mesure, et l'étude de la répartition mondiale. Nous avons alors abordé les expériences cruciales relatives à la mesure de l'âge, avec beaucoup de précautions. L'Association Américaine d'Anthropologie et la Société géologique d'Amérique ont fondé un comité pour l'étude du Carbone 14. Ce comité devait faire le choix des échantillons à étudier et surtout, mettre sur pied l'organisation générale des essais. La Fondation Wenner Gren pour les Recherches Anthropologiques, nous a apporté un concours financier généreux. Une partie des recherches de mise au point du comptage des faibles activités a été effectuée par l'Aviation Militaire des Etats-Unis.

Le comité a conclu qu'il était possible d'essayer la méthode avec des échantillons d'âge connu remontant jusqu'à environ 5 000 ans. C'est ce qui fut fait. On voit les résultats sur la figure 1. La courbe représente la désintégration

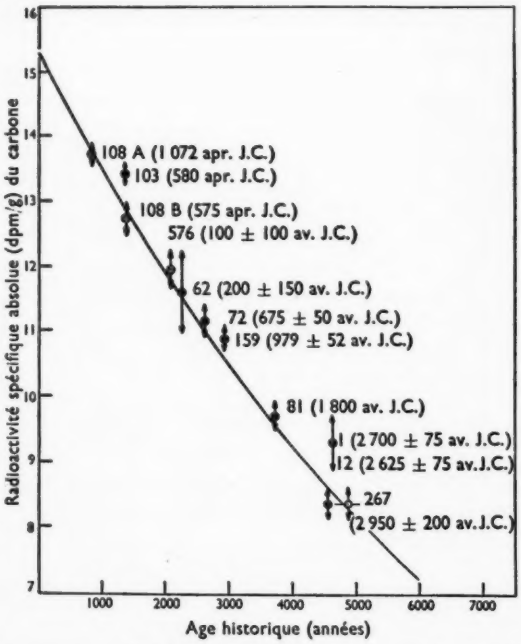


FIGURE 1 – *Echantillons d'âge connu. La courbe en trait plein a été calculée, en partant d'une mesure sur du bois moderne, et de la détermination au laboratoire de la période du radiocarbone. Les points isolés représentent les radioactivités spécifiques de divers morceaux de matière organique, surtout du bois, d'âge historiquement connu. Les erreurs indiquées sont les déviations standard (qui garantissent 2 chances sur 3). Elles ne sont calculées que d'après le nombre de coups enregistrés; elles ne tiennent pas compte d'autres erreurs possibles, comme la contamination.*

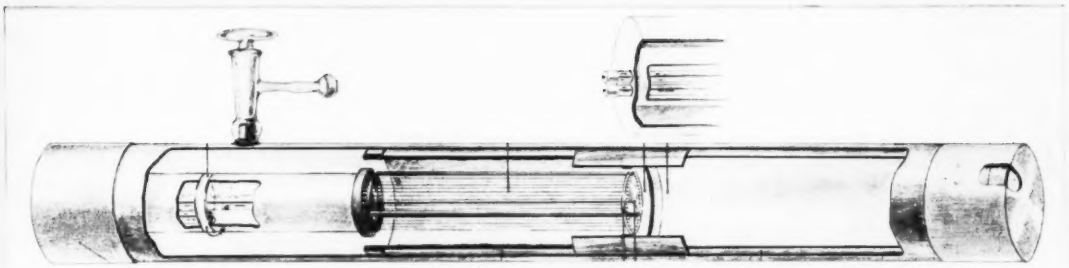


FIGURE 2 – *Compteur à écran. L'échantillon, converti en carbone élémentaire, est disposé autour de la surface interne d'un cylindre amovible qui entoure une grille, ce qui définit le volume sensible du compteur de Geiger. Dans les deux positions possibles du cylindre, l'échantillon se trouve alternativement en face de la grille, et éloigné de celle-ci, et la différence des comptages est une mesure directe de la radioactivité du carbone.*

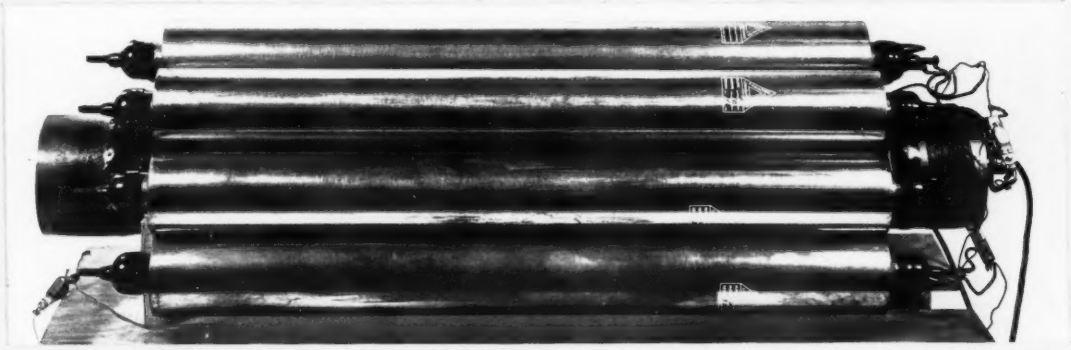


FIGURE 3 – *Vue latérale du compteur à écran, entouré par les compteurs de protection, qui servent à annuler l'effet des rayons cosmiques. La boîte contient quatre compteurs par dessous, ce qui porte le total à onze, comme on le voit dans la vue en bout de l'assemblage protecteur (figure 5).*

FIGURE 4 – *Quelques échantillons caractéristiques: au premier plan à gauche, espadrille de la Caverne de Fort Rock, Oregon, vieille de 9 000 ans. En arrière à gauche, corde du Pérou, vieille de 2 000 ans. En arrière à droite, tissu de coton du Pérou, vieux de 2 000 ans. Au premier plan à droite, excréments, vieux de 10 000 ans du paresseux terrestre géant, maintenant éteint* (Northrotherium shastense), *de la Caverne du Gypse, Nevada.*

FIGURE 5 – *Appareillage complet: cuirasse de fer (porte ouverte), faisceau de compteurs en place, et appareils électroniques associés. La cuirasse a au moins 10 cm d'épaisseur dans toutes les directions, et pèse environ 6 tonnes.*

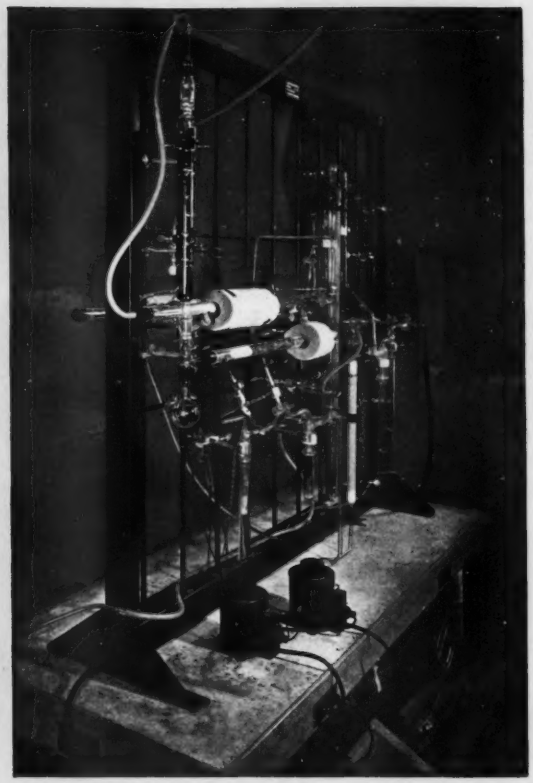


FIGURE 6 – *Simple tube à vide du laboratoire, ou les échantillons sont brûlés et convertis en gaz carbonique; celui-ci, conservé dans des ampoules, est ensuite réduit en carbone au magnésium.*

exponentielle. On l'a déterminée par la mesure de la période au laboratoire, et le dosage du radiocarbone dans la matière organique du monde entier (tableau I). Les erreurs indiquées sont les erreurs standard, déterminées seulement par la statistique de comptage. L'expérience montre que c'est la principale source d'erreurs dues au hasard, car dans le cas d'essais répétés sur un échantillon déterminé, la dispersion s'accorde avec cette mesure. On voit sur le tableau II les matériaux utilisés comme échantillons d'âge connu.

A une ou deux exceptions près, l'accord est satisfaisant. Ces exceptions sont statistiquement acceptables. Parmi les échantillons «connus», un des plus intéressants est celui de séquoia. Dans le cœur de cet arbre géant, le carbone semble être encore celui qui s'est déposé lors de la formation.

Il reste encore plus de la moitié du radiocarbone fixé au début de l'histoire. Il faut donc songer à vérifier la méthode sur les grandes périodes de la préhistoire. Le Comité a attaqué le problème en dressant un plan prévu de façon à permettre le maximum possible de recoupements. Il a exclu arbitrairement certaines parties du monde, et certains domaines de l'histoire pour se restreindre à des problèmes d'autant plus concentrés dans le temps et l'espace. Il a réuni ensuite une équipe de savants distingués, géologues et archéologues, qui ont recueilli les échantillons à étudier. Nous avons aujourd'hui près de 400 résultats, en comptant ceux qui viennent d'autres laboratoires, bien que le Comité n'ait effectué de recommandations que pour notre groupe. Certains parmi les plus intéressants se trouvent au tableau III.

Il est quelque peu difficile de porter un jugement sur la signification de ce groupe de dates. Il semble qu'une des conclusions principales soit que la glace a recouvert à la fois l'Amérique du Nord et l'Europe, il y a environ 11 000 ans. Nous le découvrons dans les résultats de la Forêt des Deux Criques, dans le Wisconsin (échantillons, 308, 365,

366, 536, 537 et C630), et dans les dates déterminées en Europe, pour l'Allemagne (337), l'Irlande (355 et 356) et l'Angleterre (444). On a des raisons de penser que les régions septentrionales de l'Europe et de l'Amérique du Nord ont été recouvertes simultanément. Il est aussi intéressant de remarquer que les premiers hommes en Amérique du Nord, en Grande-Bretagne et au Danemark, sont essentiellement contemporains, d'après les déterminations faites avec le radiocarbone. Nous appréhendions de trouver l'homme plus vieux que la dernière glaciation, et nous pensions tous qu'un pareil résultat suffirait pour réfuter toute la méthode; les glaciers font d'ordinaire table rase, et il ne devrait plus rien rester de l'occupation humaine antérieure. Ainsi, en Angleterre, qui a été complètement recouverte, il ne devrait pas y avoir de traces d'êtres humains antérieures à l'époque de la dernière couche glaciaire. On remarquera que la caverne de Lascaux (Dordogne—échantillon 406) était apparemment occupée, et qu'on a peint ses parois quelque 5 000 ans avant la dernière glaciation. D'autres échantillons, absents de la liste, témoignent de l'existence de l'homme autour du bassin méditerranéen, bien auparavant. On n'a rien trouvé de tel en Amérique. Ce n'est peut-être qu'une coïncidence, mais il serait cependant curieux que les preuves abondent d'un seuil à 10 000 ans.

Il n'y a pas encore de réponse définitive au problème terminal de la validité des âges donnés par la méthode au radiocarbone. Les expériences actuelles semblent l'affirmer, mais seul le temps, qui permettra d'accumuler les faits et d'assimiler les résultats nous dira finalement ce qu'il faut en penser.

TABLEAU II

Echantillons d'âge connu

Echantillon N°	*Description*	*Age (années) mesuré au* C^{14}
108A	*Tronc de Séquoia*; forage net entre les couches de croissance, entre les années 1057 et 1087 après J.C. Age connu: 880 ± 15 ans.	800 ± 600 900 ± 200 1 030 ± 200 900 ± 200 Moyenne: 930 ± 100
103	*Pin Douglas*, déterré en 1931, de la Vallée du Rocher Rouge, Nouveau-Mexique; Couche circulaire de croissance; circonférence interne: 530, circonférence externe; 623 après J.C. Age connu: 1330–1423 ans.	973 ± 200 1 070 ± 100 Moyenne: 1 042 ± 80
108B	*Tronc de Séquoia* (108A); couches de croissances 570–578 après J.C. Age connu: 1377 ± 4 ans.	1 520 ± 170 1 300 ± 200 Moyenne: 1 430 ± 150
576	*Enveloppes de toile utilisées*; manuscrits de la Mer Morte, livre d'Isaïe.	1 917 ± 200
62	*Bois d'un cercueil en forme de momie*, de l'époque Ptolémaïque; Egypte. Age connu: 2280 ans.	2 190 ± 450
72	*Bois provenant du parquet d'une pièce d'un grand «Hilani»* (palais) de la période Syro-Hittite; cité de Tayinat, Syrie du Nord-Ouest. Age connu: 2625 ± 50 ans.	2 696 ± 270 2 648 ± 270 2 239 ± 270 Moyenne: 2 531 ± 150
159	*Séquoia*; bois de cœur de l'arbre à bois rouge géant appelé la «Souche Centennaire» tombé en 1874. A partir de l'extérieur, il y a 2 905 couches jusqu'à la partie centrale de l'échantillon, et 2 802 jusqu'à la partie périphérique. L'âge moyen est donc 2 928 ± 51 ans.	3 045 ± 210 2 817 ± 240 2 404 ± 210 Moyenne: 2 710 ± 130

TABLEAU II (*suite*)

Echantillon N°	*Description*	*Age (années)*
81	*Bois provenant du pont d'un vaisseau funéraire* du tombeau de Sésostris III. Age connu: 3 750 ans.	3 845 ± 400 3 407 ± 500 3 642 ± 310 Moyenne: 3 621 ± 180
1	*Poutre en bois d'acacia,* très bien conservée, du tombeau de Zoser, à Sakkara. Age connu: 4 650 ± 75 ans.	3 699 ± 770 4 234 ± 600 3 991 ± 500 Moyenne: 3 979 ± 350
12	*Poutre en cyprès* du tombeau de Snéféru à Meydum. Age reconnu: 4 575 ± 75 ans.	4 721 ± 500 4 186 ± 500 5 548 ± 500 4 817 ± 240 Moyenne: 4 802 ± 210
267	*Plaquette de bois* provenant de la poutre du plafond du tombeau du Vizir Hémaka, contemporain du roi Udimu, 1ère Dynastie, à Sakkara. Age généralement accepté: 4 700–5 100 ans.	4 803 ± 260 4 961 ± 240 Moyenne: 4 883 ± 200

Sauf en ce qui concerne les échantillons 108A et 108B, examinés par J. L. Kulp et ses collaborateurs à la Columbia University [11], on trouvera les résultats numériques dans le livre «Radiocarbon Dating» [9].

TABLEAU III

Ages mesurés par le radiocarbone

Echantillon N°	*Description*	*Age (années)*
	I. MÉSOPOTAMIE ET PROCHE-ORIENT	
	A. ÉGYPTE	
1, 12, 62, 81, 267, voir Tableau II		
463	*Charbon de bois* en provenance des planchers de maison (fonds de cabanes) à El-Omari, près du Caire. Une estimation typologique de la position de El-Omari la situerait environ à mi-chemin entre l'époque des Excavations K Supérieures du Fayum (N° 457, 550 et 551) et Hémaka (N° 267).	5 256 ± 230
C-753	*Charbon de bois* de Shaheinab, deux lots.	5 060 ± 450
C-754	*Coquillages bivalves* de Shaheinab, apparemment assez bien conservés. Ce site ancien nous dira peut-être si certains éléments de la civilisation égyptienne sont remontés d'Afrique. Cet emplacement est à environ 2 000 km du Fayum Egyptien (échantillons 457, 550, 551—les greniers égyptiens, qui datent de 6 240 années)—et les relations archéologiques avec le Fayum Néolithique sont étroites.	5 446 ± 380
457	*Grains de blé et d'orge,* non carbonisés, sans préservatif, de l'Excavation K Supérieure 13 du Fayum A.	6 054 ± 330 6 136 ± 320 Moyenne: 6 095 ± 250

TABELLA III (*suite*)

Echantillon N°	*Description*	*Age (années)*
550 et 551	*Grains de blé et d'orge* de l'Excavation K Supérieure 59, et d'une autre Excavation K Supérieure (numéro perdu), du Fayum A.	6 391 ± 180
	B. IRAK	
113	*Coquilles d'escargots terrestres*, assez bien conservées, des niveaux de base 7 et 8 à Jarmo.	6 707 ± 320
C-742	*Charbons de bois*, de Jarmo, emplacement de village primitif à mi-chemin entre les villes de Kirkuk et Sulimaniyah, datant du Néolithique Supérieur; l'on y trouve les premières traces d'un village d'économie reposant sur la production alimentaire dans le Proche-Orient. Il n'y a de poterie portative que dans le tiers supérieur. On a effectué une excavation, étiquetée I, au niveau du sol vierge, près d'un rebord du monticule. On a trouvé huit niveaux. On a fait une deuxième excavation, II, au point le plus élevé. Celle-ci descend sur 4 m jusqu'au sixième niveau, qui se trouve encore à 3,2 m au-dessus du sol vierge. Le sixième niveau de II correspond au troisième niveau de I, et le deuxième niveau de II au premier niveau de I. L'échantillon le plus ancien de Jarmo (113), un coquillage, vient du septième niveau de I.	6 606 ± 330
C-743	*Charbon de bois* du cinquième niveau de l'excavation II (voir échantillons 742 et 113).	6 695 ± 360
	II. EUROPE OCCIDENTALE	
	A. FRANCE	
406	*Charbon de bois*, de la caverne de Lascaux près de Montignac, en Dordogne.	15 516 ± 900
	B. ALLEMAGNE	
337	*Tourbe*, avec des restes de bouleau, de la zone pollinique II*b*, dans l'Allerød récent, de Wallensen-im-Hils, Allemagne du Nord-Ouest.	11 044 ± 500
	C. DANEMARK	
432	*Pommes de pin* de la zone pollinique V, qui daterait de 8 500 ans.	7 583 ± 380
433	*Noisettes* d'une seule maison d'été, de l'âge boréal tardif, zone pollinique VI, qui daterait de 8 000 ans.	9 935 ± 440 9 927 ± 830 Moyenne: 9 931 ± 350
434	*Charbon de bois* de la même maison d'été qu'au numéro 433. Age probable: 8 000 ans.	8 631 ± 540
435	*Bois de bouleau*, de la même zone qu'aux numéros 433 et 434. Probablement de quelques années plus récent que celui de la Maison I.	9 425 ± 470
	D. IRLANDE	
355	*Boue lacustre* de Knocknacran, Comté Monaghan (Irlande); fin de l'époque glaciaire, zone pollinique II.	11 310 ± 720
356	*Boue lacustre*, de Lagore, Comté Meath; début du post-glaciaire, zone IV.	11 787 ± 700
	E. ANGLETERRE	
353	*Plateforme en bois* d'un emplacement mésolithique du lac Pickering, Yorkshire; zone pollinique IV.	10 167 ± 560 8 808 ± 490 Moyenne: 9 488 ± 350
444	*Boue lacustre* de Neasham près de Darlington; zone pollinique II, époque glaciaire.	10 851 ± 630

TABLEAU III (*suite*)

Echantillon N°	*Description*	*Age (années)*
341	*Tourbe* de Hawks Tor, en Cornouailles; fin du glaciaire, zone pollinique II, entre 3 m et 3,1 m, au site I, partie moyenne de la tourbe inférieure.	9 861 ± 500
602	*Charbon de bois* de Stonehenge, Wiltshire; fin du Néolithique.	3 798 ± 275
	F. ISLANDE	
C-749	*Tourbe.* Les laves enregistrent en se solidifiant la direction du champ magnétique terrestre au moment de la solidification, par leur polarisation permanente. Près du pont de Ellidhaa près de Reykjavik, se trouve une coulée de lave qui présente une polarisation approximativement parallèle à celle du champ magnétique actuel. Elle a recouvert de la tourbe post-glaciaire, qui constitue l'échantillon. Son âge est en corrélation directe avec celui de la coulée.	5 300 ± 340
	III. ÉTATS-UNIS	
	A. LOUISIANNE, MISSISSIPI, NEBRASKA, TEXAS	
558	*Os de bison brûlé,* de Lubbock, Texas; de l'Horizon de Folsom.	9 883 ± 350
	B. ARIZONA, CALIFORNIE, NOUVEAU-MEXIQUE	
440 552	*Charbon de bois* en provenance du voisinage de Sacramento; culture de l'Horizon Primitif de Californie Centrale.	4 052 ± 160
C-631	*Pétrole brut,* recueilli à 350 m de profondeur, dans la formation de Tulare du Pliocène Supérieur, dans le gisement de South Belridge, Californie.	Age supérieur à 24 000
C-632	*Pétrole brut* de la formation Pico, moyenne ou supérieure du Pliocène Supérieur, du gisement de Padre Canyon, Californie. Ceci constitue avec l'échantillon 631 le pétrole brut le plus récent essayé.	Age supérieur à 27 780
	C. NEVADA, OREGON ET UTAH	
221	*Excrément de paresseux géant,* de la Caverne du Gypse, Las Vegas, Nevada; recueilli en 1931, couche d'excréments à 2 m de la surface.	10 902 ± 440 10 075 ± 550 Moyenne: 10 455 ± 340
599	*Guano de chauve-souris,* ramassé tout près des graviers Pléistocène, dans l'Abri de Léonard Rock, dans le Névada.	11 199 ± 570
298	*Bois de lance* Atlatl en bois dur (*Sarcobatus,* «bois à graisse»)	7 038 ± 350
247	*Charbon de bois,* provenant d'un arbre brûlé par la ponce incandescente rejetée par l'explosion du Mont Mazama (qui a produit le Lac du Cratère). La ponce a environ 22 m de profondeur à ce point et il y a environ 12 m de ponce au-dessus de la partie de l'arbre d'où proviennent ces échantillons; on a eu l'impression que l'arbre est encore très près d'être vertical.	6 389 ± 320 7 318 ± 350 5 938 ± 400 6 327 ± 400 Moyenne: 6 453 ± 250
428	*Paires d'espadrilles,* trouvées dans la caverne de Fort Rock, enterrée sous la ponce lors de l'éruption du Newberry, en Oregon.	9 188 ± 480 8 916 ± 540 Moyenne: 9 053 ± 350

TABLEAU III (*suite*)

Echantillon N°	*Description*	*Age (années)*
609	*Charbon de bois, bois et crottes de mouton* de la Caverne du Danger près de Wendover, Utah.	11 453 ± 600
610	*Bois*, comme au N° 609.	11 151 ± 570
C-611	*Charbon de bois*, Caverne du Danger, Utah; trouvé immédiatement au-dessus du sable, dans les couches les plus profondes du dépôt de 5 m de détritus et d'immondices qui se trouve à l'entrée de la caverne.	9 789 ± 630
C-635	*Guano de chauve-souris, tiges de plantes et brindilles carbonisées*, Caverne du Danger, Utah; recueillis entre 45 et 60 cm au-dessous de la surface normale de l'empilement de détritus. L'âge du sol de la caverne a été estimée à 11 453 ± 600 et 11 151 ± 570 années en se servant respectivement de crottes de mouton et de morceaux de bois, trouvés dans le sable (échantillons 609 et 610).	1 930 ± 240
	D. MINNESOTA, WISCONSIN ET WYOMING	
308 365 366 536 537	*Bois et tourbe* provenant de la couche forestière des Deux-Criques, Wisconsin. Cette couche se trouve au-dessous de la Dérive Valder (Thwaites). Apparemment, la forêt de sapin a été submergée, charriée et enterrée sous la poussée glaciaire, lors de la dernière avancée de la glace dans cette région. Considérée comme d'âge Mankato.	
	Echantillon	
	308. *Bois de sapin*	10 877 ± 740
	365. *Racine d'arbre*	11 437 ± 770
	366. *Tourbe* où était enraciné 365	11 097 ± 600
	536. *Bois de sapin*	12 168 ± 1 500
	537. *Tourbe*	11 442 ± 640
	Moyenne:	11 404 ± 350
C-630	*Bois glaciaire*, Kimberly, Wisconsin; souche d'environ 3 × 1,5 m trouvée il y a environ 12 ans. L'emplacement est presque directement sur la ligne de celui de Pointe Beach à Deux Criques. On pense qu'il est d'âge Mankato (voir échantillons 308, 365, 366, 536, 537, 444, 355, et 356).	10 676 ± 750
302	*Os de bison*, Wyoming (Yuma), partiellement brûlé, à teneur élevée en matières organiques; Crique de la Sauge.	6 619 ± 350 7 132 ± 350
	Moyenne:	6 876 ± 250
	IV. AMÉRIQUE DU SUD	
484	*Excréments de paresseux géant*, de la Caverne de Mylodon, Ultima Esperanza, Chili (51° 35′ S); pas d'associations avec des objets d'origine humaine, bien qu'on trouve homme et paresseux ensemble dans trois cavernes, à 200 km de là (voir N° 485).	10 800 ± 570 10 864 ± 720
	Moyenne:	10 832 ± 400
485	*Os brûlés de paresseux, de cheval et guanaco*, associés avec des restes et des objets humains; Caverne de Palli Aike, Chili.	8 639 ± 450
	V. AUTRES SECTEURS	
548	*Charbon de bois* du monticule de coquillages de Ubayama, à environ 16 km de l'Ouest de Tokio. Ce charbon faisait partie des restes structuraux dans une zone de maisons, vers les niveaux de base du monticule. Trouvé à l'automne 1948; considéré comme l'emplacement d'habitation le plus ancien du Japon.	4 850 ± 270 3 938 ± 500
	Moyenne:	4 546 ± 220

TABLEAU III (*suite*)

Echantillon N°	*Description*	*Age (années)*
603	*Charbon de bois* de l'Horizon début du Bas Jomon (Etage Horinouchi) au monticule de coquillages d'Ubayama (voir N° 548), au Japon.	4 513 ± 300
C-613	*Grosse bûche*, des célèbres ruines préhistoriques de Zimbabwe, en Rhodésie du Sud. Zimbabwe est une ville relativement structurée, construite par les ancêtres des populations bantoues modernes d'Afrique du Sud. Date acceptée en général: quatorze ou quinzième siècle; pourrait remonter au neuvième siècle.	1 415 ± 160 1 344 ± 160 1 271 ± 260 Moyenne: 1 361 ± 120
C-669	*Coquille d'huître*, trouvée à 50 cm sous la surface au Site Chalan Piao, Ile Saipan, à environ 800 m du rivage.	3 479 ± 200
C-721	*Coquillage* (*Tridacna*) du Site Bleu, à Tinian, aux Iles Marianne, à l'Essai A, à 60 cm de profondeur.	1 098 ± 145

Toutes les dates publiées se trouvent aux références 9, 11, 12 et 13.

BIBLIOGRAPHIE

[1] YUAN, L. C. L. *Phys. Rev.*, **74**, 504, 1948.
[2] ROBSON, J. M. *Ibid.*, **83**, 349, 1951.
[3] LADENBURG, R. *Ibid.*, **86**, 128, 1952.
[4] KORFF, S. A. *Terr. Magn. atmos. Elect.*, **45**, 133, 1940.
[5] LIBBY, W. F. *Phys. Rev.*, **69**, 671, 1946.
[6] SIMPSON, J. A., Jr. *Ibid.*, **73**, 1389, 1948.
[7] ANDERSON, E. C. «Natural Radiocarbon». Thèse de doctorat de l'Université de Chicago. 1949.
[8] ANDERSON, E. C. et LIBBY, W. F. *Phys. Rev.*, **81**, 64, 1951.
[9] LIBBY, W. F. «Radiocarbon Dating». University of Chicago Press, Chicago. 1952.
[10] ANDERSON, E. C., LIBBY, W. F., WEINHOUSE, S., REID, A. F., KIRSHENBAUM, A. D. et GROSSE, A. V. *Science*, **105**, 576, 1947.
[11] KULP, J. L., FEELY, H. W. et TRYON, L. E. *Ibid.*, **114**, 565, 1951.
[12] KULP, J. L., TRYON, L. E., ECKELMAN, W. R. et SNELL, W. A. *Ibid.*, **116**, 409, 1952.
[13] LIBBY, W. F., *Ibid.*, **116**, 673, 1952.

L'abbé Jean Picard (1620–82)

par A. ARMITAGE

Un des membres fondateurs les plus illustres de l'Académie Royale des Sciences, Jean Picard mérite la reconnaissance du monde savant pour ses nombreux travaux éminemment utiles et ses découvertes géniales. Picard était modeste et généreux, ignorant les rivalités mesquines: c'est sur sa recommandation que Louis XIV appela à son service Cassini et Rømer.

Un des faits les plus marquants de la vie scientifique européenne au XVIIe siècle fut l'essor des sociétés savantes que fondèrent les initiateurs de la nouvelle science expérimentale pour conjuguer leurs recherches. Deux d'entre elles jouent encore un rôle prédominant: La *Royal Society* de Londres et, en France, l'Académie Royale des Sciences. C'est de Jean Picard, un des membres les plus en vue de cette dernière, qu'il s'agit dans le présent article. Il figure en tête d'une pléiade de savants, tant étrangers que français, à qui l'Astronomie doit les progrès considérables qu'elle fit au cours du dernier quart du Grand Siècle.

De la vie de Jean Picard on ne sait pas beaucoup plus que ce qui se trouve dans ses œuvres publiées. Il naquit à La Flèche, en Anjou, le 21 juillet 1620. Entré dans les ordres, il fut vers la fin de sa vie titulaire d'un prieuré. Il semble qu'il ait débuté dans la carrière d'astronome en qualité d'assistant de Pierre Gassendi (ou Gassend) qui se fit un nom dans le monde des idées en tentant de faire revivre dans un cadre chrétien l'antique doctrine de l'atomisme. Sans qu'il ait pu se prévaloir personnellement d'aucune découverte astronomique Gassendi s'appliqua pendant longtemps à observer méthodiquement les phénomènes célestes de tout genre. Il ne pouvait manier seul les lourds instruments de l'époque et c'est ainsi qu'il signale dans son registre d'observations, à la date du 21 août 1645, une éclipse de Soleil observée avec l'aide du savant «Joannes Picardus d'Anjou». Il note encore les services rendus par le jeune astronome lors des éclipses de Lune de 1646 et 1647 [1]. C'est toutefois dans une période plus avancée de sa vie, alors qu'il appartenait à l'Académie des Sciences, que se situent les années les plus fécondes de la carrière de Picard.

Parmi les projets de Colbert, conçus pour la plus grande gloire de la France, se trouvait celui de créer une institution où seraient représentés tous les secteurs de la science. Cependant, les spécialistes des diverses disciplines aimèrent mieux se grouper en associations séparées, et ce sont surtout les mathématiciens et les physiciens (vocable qui désignait aussi les chimistes et les naturalistes) qui constituèrent en 1666 l'Académie des Sciences. Celle-ci devait tenir régulièrement ses assises à la Bibliothèque Royale [2] (figure 3) et compta parmi ses premiers membres Picard, Auzout et Huygens, qui semblent avoir collaboré très étroitement et presque exclusivement à des études astronomiques. Le Rouennais Adrien Auzout avait précédemment fait brillante figure dans les salons scientifiques et autres qui depuis le début du siècle caractérisaient la vie intellectuelle française et il était l'émule de Picard. Le Hollandais Christiaan Huygens était bien connu à Paris qu'il avait visité plusieurs fois avant d'en devenir l'hôte permanent l'année même de la fondation de l'Académie. Au début, les trois savants firent leurs observations dans les jardins de la Bibliothèque Royale. Les Annales de l'Académie et les passages de l'«Histoire Céleste» se rapportant à ces années parlent longuement des problèmes et des expériences techniques qui retenaient l'attention de Picard et de ses collègues [3].

On s'intéressait beaucoup alors à la mesure exacte du diamètre apparent des astres et, à cette fin, on se servait d'un micromètre à fils, qui est d'ailleurs resté en usage sans aucun changement essentiel. Hooke et Auzout semblent avoir, chacun de son côté, inventé l'instrument; tous deux l'ont décrit la même année (1667), mais Picard contribua à sa mise au point et s'en servit avec maîtrise: il se composait de deux cadrans en métal pourvus de fils verticaux et l'un glissant sur l'autre dans le plan focal commun de l'objectif et de l'oculaire de la lunette adaptée au micromètre. Le cadre mobile se déplaçait au moyen d'une vis. Pour mesurer, disons, un disque planétaire, on en amenait l'image entre deux fils (un de chaque cadre), la distance entre les fils s'exprimant en nombre de tours de vis, entiers ou fractionnés. On convertissait ensuite ces unités arbitraires en mesure angulaire [4]. Picard et Auzout mesuraient journellement au moyen du micromètre les

diamètres angulaires du Soleil et de la Lune en se servant de verres colorés ou fumés pour se protéger les yeux. Gassendi, le maître de Picard, s'était intéressé tout spécialement à la recherche de l'effet de la réfraction sur l'apparence du Soleil à diverses altitudes méridiennes, et ce sont les astronomes parisiens qui parmi les premiers reconnurent que cet effet se maintient jusqu'au zénith et ne cesse pas à une certaine hauteur comme on le pensait précédemment. D'autre part, en mesurant le diamètre angulaire de la Lune d'un bout à l'autre d'une lunaison ils arrivèrent à des conclusions qui ébranlèrent les théories acceptées au sujet de cet astre. L'Académie ne se fiant plus aux tables astronomiques existantes, décida d'en préparer d'autres basées sur de nouvelles observations. Ses membres dressèrent des programmes ambitieux nécessitant des instruments capables de mesurer avec plus de précision qu'auparavant les angles pas assez petits pour justifier l'emploi du micromètre. C'est alors que Picard eut l'idée géniale du viseur à lunette qui donna aux observations une précision près de soixante fois plus grande.

Hooke avait eu vers 1665 l'idée d'un viseur de ce genre, et il dit qu'il a observé, la même année, la marche d'une comète au moyen d'un instrument inventé par Sir Christopher Wren et pourvu d'un viseur à lunette. Il se peut évidemment que Picard n'ait pas été au courant des travaux de Hooke et qu'il ait inventé son propre viseur.

Les instruments qui servaient auparavant à mesurer les distances angulaires entre les astres se composaient essentiellement d'une règle mobile, ou alidade, établie à pivot au centre d'un grand cercle ou arc gradué, et que l'on pointait vers l'objet au moyen de deux pinnules. A celles-ci Picard substitua une lunette munie de deux fils en croix dans le plan focal, permettant ainsi de déterminer de manière beaucoup plus précise la direction des objets observés et leur distance angulaire. Il semble que ce changement se soit effectué en deux étapes [5]: d'abord on a renforcé, ou remplacé, les pinnules de l'ancien système par deux lentilles convexes; puis, quand on remarqua que c'était là une lunette sans tube, on lui substitua une lunette complète avec deux fils en croix au foyer commun. L'instrument une fois inventé, on n'avait plus qu'à l'appliquer à un mur et s'en servir pour trouver l'heure et la hauteur du passage des astres au méridien. Picard réclama l'installation d'un cercle mural à l'Observatoire, mais les autorités refusèrent d'accéder à sa requête.

Cela rendit possible la construction d'appareils de mesure astronomique beaucoup moins grands et leur adaptation à des lunettes de 60 et 80 cm. Au début de 1669 les premiers furent mis en usage, et il est significatif que cette même année Picard entreprit de trouver une mesure plus exacte de la longueur d'un degré de latitude terrestre, opération qui permit de calculer directement les dimensions de la Terre [6].

Picard détermina suivant la méthode classique la distance zénithale d'une étoile de Cassiopée à partir de chaque extrémité d'un arc de méridien de longueur connue. Le rapport de la différence entre les deux angles à 360° équivalait au rapport de la longueur de l'arc à la circonférence de la Terre: on put calculer ainsi cette circonférence. Les astronomes grecs et islamiques avaient employé cette méthode et, au XVIIe siècle, l'«Eratosthène batave», Willebrord Snell, l'avait perfectionnée en substituant à la mesure directe de l'arc du méridien sa mesure par triangulation à partir d'une base courte et de longueur très soigneusement mesurée [7].

L'élément nouveau dans les travaux de Picard consistait en l'utilisation d'instruments munis de lunettes pour mesurer l'arc choisi et la différence de latitude entre ses extrémités. L'arc fut mesuré par triangulation à partir d'une base très exactement mesurée. L'instrument principal de Picard était un quart de cercle à lunette qui mesurait à une minute près la distance angulaire entre deux points de repère ou deux feux (figure 2), et pour les distances zénithales il se servait d'un secteur de modèle ancien. Il consacra à ce travail la plus grande partie des années 1669 et 1670 et trouva une valeur de 57 060 toises (111,188 km environ) ce qui est presque la longueur actuellement reconnue du degré de méridien en cause.

Peu après la fondation de l'Académie, Picard et ses collègues s'aperçurent de l'insuffisance de leur observatoire improvisé et le Roi leur promit une installation permanente: c'est ainsi qu'en 1667 fut posée en grande pompe la première pierre de l'Observatoire de Paris. Il était presque achevé en 1671 (figure 1): Toutefois, avant la mise en service du bâtiment, Picard n'était plus le chef de l'école parisienne, en raison de circonstances liées à un autre problème, celui de la détermination de la longitude, qui préoccupait les astronomes et les marins de l'époque.

La méthode alors en usage pour trouver la longitude d'un lieu était de comparer l'heure à laquelle s'y produisait un phénomène céleste quelconque avec l'heure du même phénomène rapportée

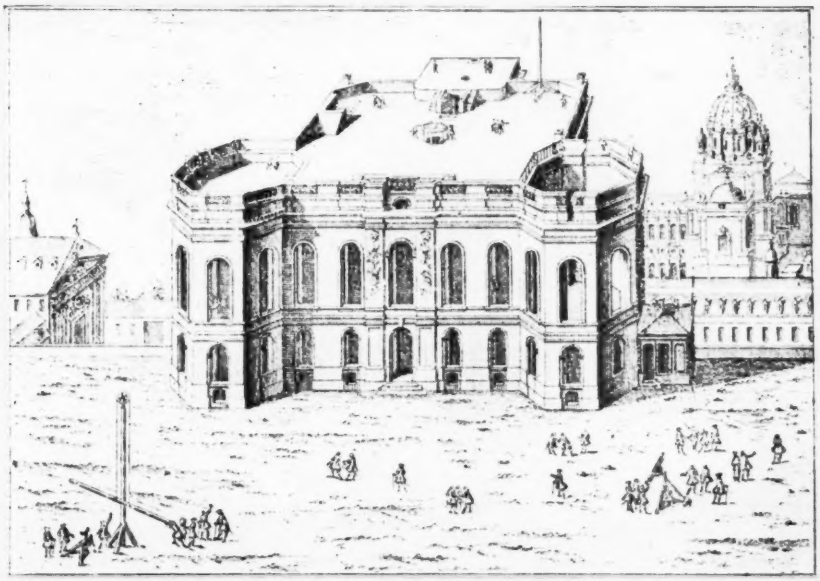


FIGURE 1 – *L'Observatoire Royal de Paris (d'après P. C. Le Monnier, «Histoire Céleste», Paris,* 1741).

FIGURE 2 – *Arpentage au moyen du quart de cercle à lunette (d'après «Mesure de la Terre», Paris,* 1671).

FIGURE 3 – *L'Académie Royale des Sciences, en séance (d'après les «Mémoires pour servir à l'histoire des animaux», Paris,* 1671).

(Dû à l'amabilité de la direction du British Museum.)

au méridien premier: la différence d'heures donnait la longitude du lieu. Galilée avait proposé d'utiliser à cet effet les éclipses des satellites de Jupiter qui se reproduisent presque tous les soirs. Jacques Dominique Cassini, l'astronome italien, reprit l'idée et en 1668 publia ses éphémérides des satellites de Jupiter. La même année Picard étudiait à Paris l'horaire de ces éclipses au moyen des horloges à pendule et des grands télescopes dont il disposait, et constata avec surprise l'exactitude des tables de Cassini. C'est, semble-t-il, sur sa recommandation que Colbert prit l'importante décision de faire venir Cassini à Paris. Celui-ci passa les 43 années qu'il lui restait à vivre à l'Observatoire où lui et ses descendants exercèrent une influence prépondérante jusqu'au début du XIXe siècle.

Les astronomes de l'Académie avaient une raison particulière pour s'intéresser à la question des longitudes: ils tenaient à connaître les emplacements exacts des plus réputés parmi les anciens observatoires afin de pouvoir réduire au méridien de Paris les observations enregistrées à ces observatoires et les comparer avec leurs propres travaux. C'est pourquoi Picard visita en 1671 le vieil observatoire de Tycho Brahe à Uranienborg dans l'île de Hven [8]. Accompagné d'un aide il se rendit en Hollande, et, après une traversée mouvementée jusqu'à Hambourg, atteignit Copenhague en passant par Lübeck. Là il visita la Tour Ronde que le roi Christian IV avait bâtie pour servir d'observatoire à Longomontanus, ancien assistant de Tycho Brahe; puis au début de septembre il passa dans l'île de Hven en compagnie du jeune astronome danois, Ole Rømer. Ils trouvèrent l'enceinte indiquant l'emplacement du célèbre observatoire de Tycho Brahe remplie de cadavres d'animaux en décomposition. Les effets de la rigueur du climat sur la santé de Picard l'obligèrent bientôt à regagner Copenhague où il continua ses travaux sur la Tour Ronde d'où l'on voyait très bien Hven. Il trouva la différence de longitude entre la Tour et Uranienborg en plaçant à chaque point un observateur muni d'une horloge et d'une lunette, avec mission de noter l'heure du passage de Véga au méridien; on compara les heures au moyen de repères lumineux. Entretemps on notait à Paris (où Cassini procédait concurremment à des observations) et à Copenhague les heures d'éclipse du premier satellite de Jupiter. De toutes ces données on déduisit à deux minutes d'arc près la longitude d'Uranienborg par rapport à celle de Paris.

Dans ses commentaires sur le résultat de son expédition Picard fait allusion à certaines fluctuations annuelles de la hauteur méridienne de l'Etoile Polaire, observées au cours d'une période de quelque dix ans, et qu'il ne pouvait expliquer ni par la réfraction ni par la parallaxe des astres [9]. James Bradley, au siècle suivant, remarquant les mêmes fluctuations, en rendit compte au moyen de sa théorie originale de l'aberration de la lumière. C'est la découverte de la vitesse «finie» de la lumière par Rømer qui permit à Bradley d'arriver à ce résultat. Picard avait ramené Rømer avec lui à Paris et le jeune astronome danois fit cette brillante découverte au cours d'une étude approfondie des mouvements des satellites de Jupiter, entreprise sous les auspices de l'Académie des Sciences.

On connaît peu le caractère de Picard, mais il est évident que l'homme qui a eu la générosité de recommander au Grand Roi des rivaux de la taille de Cassini et de Rømer devait être loyal et désinteressé à un point inusité.

C'est Picard qui fonda la «Connaissance des Temps», précurseur du *Nautical Almanac* britannique. Il en rédigea seul la première édition parue, avec privilège du Roi, en 1678–9. On y trouvait les heures du lever et du coucher du Soleil et de la Lune pour Paris, Calais, Lyon et Marseille; des renseignements sur les éclipses; la position des planètes à intervalles de cinq jours, et de la Lune chaque jour; l'équation du temps; des tables de réfraction stellaire, etc. Cet ouvrage ne tarda pas à être connu en Angleterre, et y fut utilisé jusqu'en 1767, année où prit naissance le *Nautical Almanac*.

Le perfectionnement des méthodes de détermination des longitudes donna lieu à un projet de révision de la carte de France. Dès 1679 Picard et le mathématicien Philippe de la Hire parcouraient le pays, exécutant sur l'ordre du Roi des relevés géodésiques. Au cours d'un de ces voyages Picard se fractura une jambe et à partir de ce moment sa santé déclina. Il se trouve à l'Observatoire en mai 1682, lors d'une visite royale et au mois d'août il observe une éclipse; mais il meurt le 12 octobre de la même année [10]. Aucun portrait de lui ne nous est parvenu. E. C. Watson a toutefois démontré [11] que dans la gravure de Le Clerc reproduite ici (figure 3) le troisième personnage à partir de la droite, celui qui porte une calotte, est probablement Picard. Le Monnier publia en 1741 la plupart des observations de Picard, dont les mémoires, édités par ses amis, parurent en même temps que les autres ouvrages des premiers académiciens [12].

Picard se distingua dans d'autres domaines de la science. C'est lui notamment qui remarqua la phosphorescence qui se produit dans une chambre barométrique agitée dans l'obscurité: ce fut pour les physiciens du siècle suivant le point de départ d'utiles travaux.

Dans l'espace de quelques années, Picard et Colbert moururent, Huygens et Rømer rentrèrent dans leurs pays, et ces événements marquèrent la fin d'un important chapitre de l'histoire de l'Astronomie. Pour l'Académie, la fin du siècle s'écoula sans gloire, dans l'attente d'une réorganisation complète; tandis que l'Observatoire mit plus d'un siècle à acquérir son indépendance ainsi que des fonds suffisants. Cependant les projets et les inventions de Picard ne furent pas mis de côté: après sa mort on donna plus d'ampleur à son entreprise de la mesure de la Terre en prolongeant jusqu'aux frontières de la France l'arc de méridien qu'il avait mesuré. Il en résulta une controverse au sujet de la figure de la Terre qui donna lieu aux célèbres expéditions géodésiques en Laponie et au Pérou (Equateur). Rømer, d'autre part, de retour à Copenhague, érigea des observatoires sur la Tour Ronde et ailleurs et y installa des instruments nouveaux dont le modèle portait l'empreinte du génie de Picard, notamment une lunette méridienne à réticule éclairé, un cercle mural, un équatorial, et un altazimut. Ce n'étaient que les premiers d'une longue suite d'instruments de précision issus de la combinaison, imaginée par Picard, de la lunette et du quart de cercle. Condorcet pourra dire plus tard à juste titre que l'humanité continuera à bénéficier des activités de Jean Picard longtemps après que le nom même du savant aura sombré dans l'oubli.

BIBLIOGRAPHIE

[1] GASSENDI, P. «Opera Omnia», Vol. IV. Lyon. 1658.

[2] BERTRAND, J. L. F. «L'Académie des Sciences». Paris. 1869.

BROWN, H. «Scientific Organizations in Seventeenth Century France (1620–1680)». Williams and Wilkins Co., Baltimore. 1934.

[3] «Histoire de l'Académie Royale des Sciences (1666–1699)», Vols. I et II. Paris. 1733.

LE MONNIER, P. C. «Histoire Céleste». Paris. 1741.

[4] «Mémoires de l'Académie Royale des Sciences (1666–1699)», Vol. VII. Paris. 1729, etc.

[5] OLMSTED, J. W. *Isis*, **40**, 213, 1949.

[6] PICARD, J. «Mesure de la Terre». Paris. 1671.

[7] SNELL, W. «Eratosthenes Batavus». Leyde. 1617.

[8] PICARD, J. «Voyage d'Uranibourg». Paris. 1680.

[9] *Idem. Ibid.*

[10] LE MONNIER, P. C. *Op. cit.*

[11] *Osiris*, **7**, 556, 1939.

[12] LE MONNIER, P. C. *Op. cit.*

PINGRE, A. G. «Annales Célestes du dix-septième Siècle» (éd. Bigourdan, G.). Gauthier-Villars, Paris. 1901.

«Mémoires de l'Académie Royale des Sciences (1666–1699)», Vols. VI et VII. Paris. 1729, etc.

Le Centre Zoologique de Naples

REINHARD DOHRN

Il est réconfortant de constater que dans une Europe bouleversée par deux guerres mondiales, où règne encore la mésentente et l'inquiétude, il existe un laboratoire international tel que la *Stazione Zoologica* décrite ici. Des savants venus de nombreux pays y collaborent amicalement, pour le plus grand bien de la science et de l'humanité, servis par les richesses de la faune et de la flore méditerranéenne et encouragés par la douceur du climat et la beauté du site.

La première chose qui frappe l'étranger arrivant au Centre Zoologique est sans doute l'ambiance internationale qui y règne depuis longtemps déjà. Quand Anton Dohrn réalisa l'ambition de sa vie: fonder un laboratoire près de la mer, deux intentions principales étaient présentes dans son esprit. Les chercheurs de son laboratoire auraient le loisir de consacrer tous leurs efforts à la science, sans aucun souci extérieur tel que l'enseignement, et recevraient sur simple demande tous les matériaux nécessaires à leurs travaux. L'établissement serait, de plus, ouvert aux savants de toutes les nations.

On ne peut s'empêcher d'admirer la noblesse de ce plan et, encore plus, sa réalisation matérielle et spirituelle qui, bien qu'intangible, se poursuit grâce à des encouragements nombreux depuis quatre-vingts ans.

Le père d'Anton Dohrn avait des goûts éclectiques que la prospérité de son commerce de betteraves sucrières en Allemagne septentrionale lui donnait le loisir et les moyens de cultiver. Sa maison de Stettin renfermait mainte preuve de cette versatilité, depuis la bibliothèque avec ses traductions personnelles du théâtre espagnol et son recueil de chants populaires écossais, jusqu'à la collection de scarabées justement renommée parmi les entomologistes de l'époque. L'intérêt du jeune Anton pour l'histoire naturelle, stimulé de bonne heure par une telle ambiance familiale, se transforma en une passion dévorante pour la zoologie — fait habituel chez tant de biologistes. Comme beaucoup de ses contemporains, il eut l'imagination enflammée par les travaux de Darwin. La voie normale l'aurait conduit dans quelque université allemande pour y étudier l'évolution d'un groupe animal de son choix. Il s'intéressait spécialement aux organismes marins et, suivant la tradition, il aurait pu collectionner des matériaux réunis au cours d'expéditions et les examiner ensuite à son poste. Mais Dohrn était original; il voulait s'occuper d'organismes marins vivants et le seul moyen était de monter un laboratoire au bord de la mer.

Ne trouvant pas le site voulu en Allemagne, la renommée de Darwin et de Huxley l'incita à se renseigner en Angleterre où il fit la connaissance de plusieurs entomologistes grâce à des lettres de recommandation données par son père. Parmi ces relations, un certain David Robertson de Glasgow, homme d'affaires et biologiste amateur, lui offrit l'usage de son petit laboratoire privé sur la Clyde. L'effet stimulant de ces travaux, joint aux encouragements reçus de personnages tels que Huxley, Balfour et Ray Lankester, raffermit son projet de fonder un laboratoire public de biologie marine pour répondre à un besoin de plus en plus pressant. Il rencontra par la suite un intérêt et une aide semblables dans divers pays d'Europe après s'être installé finalement au bord de la baie de Naples sur un emplacement approprié. La flore et la faune y sont en effet d'une richesse bien supérieure à celles de l'Atlantique nord ou de la Mer du Nord et les conditions climatiques permettent de réunir des matériaux toute l'année sans interruption.

L'entreprise engloutit la fortune entière d'Anton Dohrn et un aquarium public fut construit dans le but d'aider aux finances par ses recettes journalières. Beaucoup plus lucratif fut l'établissement de «tables de travail», moyennant la location desquelles les divers pays ou institutions acquéraient le droit d'envoyer leurs savants au Centre Zoologique. Cet arrangement avait un double avantage: la mise de fonds initiale et les dépenses courantes du laboratoire étaient assurées de même que son caractère international, car il est évident que les pays contributaires avaient intérêt à le voir prospérer. Telle était donc la situation du Centre au début du siècle: fondé par un Allemand, situé en sol italien et entretenu par la Grande-Bretagne, la Belgique, l'Allemagne, l'Italie, la Russie, l'Autriche, la Hongrie, l'Amérique, la Suisse et autres pays.

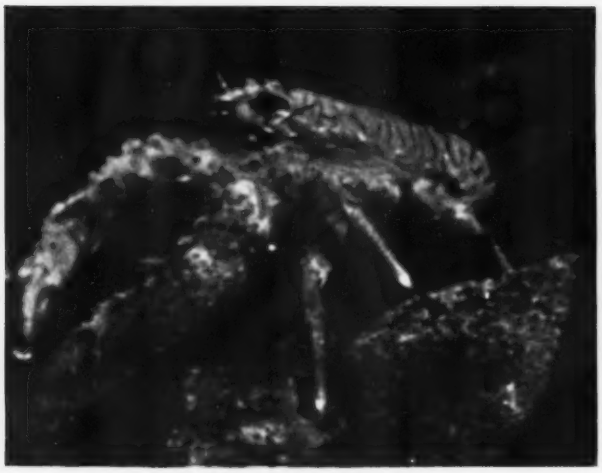
Le laboratoire débuta dans un bâtiment rectangulaire à un étage. Le rez-de-chaussée comprenait l'aquarium public et la réserve approvisionnée journellement en plantes et en animaux suivant les besoins du moment. Au-dessus se trouvait la bibliothèque et les «tables» de recherche individuelles logées dans un seul grand laboratoire. De nombreux biologistes fameux de l'époque y travaillèrent: Ray Lankester, Balfour, Boveri, Kowalewsky, Metchnikoff, Shipley, Hubrecht, van Beneden, Conklin, J. H. Parker, Driesch, Herbst et T. H. Morgan. L'ensemble de nos connaissances biologiques en bénéficia largement. Parmi les maintes découvertes importantes faites à Naples, citons les enzymes respiratoires de Warburg, la preuve de l'existence des neurofibrilles par Apathy et l'élucidation — toujours en progrès — de la fertilisation et de l'embryologie de l'oursin, poursuivie par des générations de savants. N'oublions pas de mentionner à ce sujet que le Centre Zoologique est à même de fournir des oursins adultes la plus grande partie de l'année. L'établissement fit aussi un apport de marque à la biologie dans le champ de la technique microscopique au cours des deux dernières décades du XIXe siècle. Paul Mayer faisait alors partie du personnel, et des centaines de zoologistes profitèrent de la grande expérience et de l'ingéniosité de l'éminent technicien, quittant Naples beaucoup plus habiles dans le maniement du microscope et du microtome.

La *Stazione Zoologica* n'était pas réservée à l'usage exclusif des biologistes chevronnés: c'est là que plus d'un étudiant sans expérience et nouvellement diplômé eut le plaisir de réaliser sa première contribution à la science, stimulé par l'ambiance et la profusion des matériaux de recherche, sans compter la beauté enchanteresse de la Baie. Pour maint jeune chercheur du nord de l'Europe ce premier voyage en Italie méridionale dut être une révélation. Le climat demande si peu d'effort pour y vivre qu'il reste beaucoup plus d'énergie pour les travaux de la science.

La renommée de l'établissement se répandit bientôt et le bâtiment subit deux agrandissements (en 1886 et 1904) pour recevoir le nombre croissant de biologistes voulant profiter de ses avantages. Les extensions fournirent d'autres salles individuelles de recherche, de vastes laboratoires chimiques et physiologiques, sans compter des pièces à usage spécialisé. L'ancien laboratoire principal fut en même temps transformé en annexe de la bibliothèque pour abriter les périodiques qu'elle ne pouvait plus contenir. N'oublions pas le balcon d'exposition est où le repas de midi, la *mensa*, est maintenant servi en été. Les premiers temps, une plage descendait sans interruption des murs du bâtiment jusqu'à la mer, mais en 1878 on construisit un remblai le long de la côte où l'on fit une route carrossable dominant les flots, tandis que les environs immédiats du Centre étaient transformés en parc. Du balcon réfectoire on aperçoit maintenant une vaste étendue de palmiers, d'arbres et d'arbustes en fleur.

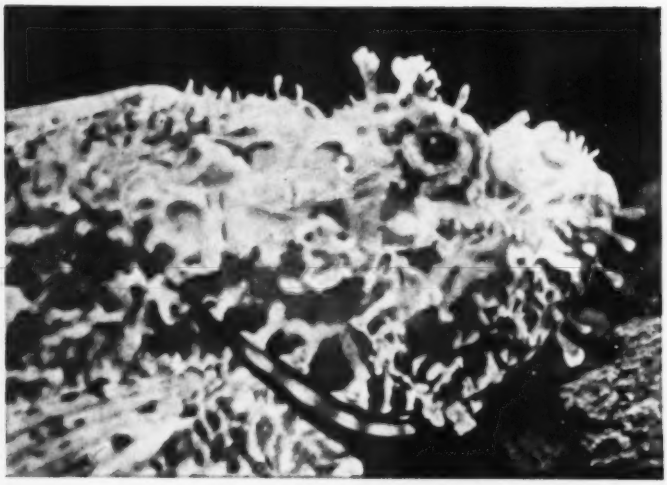
A l'époque où Anton Dohrn fit les premiers plans du laboratoire, un biologiste n'avait besoin que d'un outillage rudimentaire pour effectuer des recherches poussées. Chaque pièce renfermait un petit aquarium à eau de mer renouvelée, une table de manipulations et un lavabo; avec un microscope, quelques produits chimiques et des récipients de verre, cela suffisait à la plupart des hôtes. La grande supériorité de la *Stazione Zoologica* était de pouvoir fournir toute l'année un choix étendu d'organismes marins vivants que des pêcheurs du pays spécialement entraînés et employés à cette fin ramassaient chaque jour. Le dialecte napolitain, riche et souple, s'augmenta bientôt d'expressions courantes désignant les êtres les plus étranges. Beaucoup de ces pêcheurs devinrent extrêmement habiles dans leur tâche et l'un d'entre eux en particulier, Salvatore lo Bianco, acquit une réputation s'étendant bien au-delà des limites de Naples.

Le Centre Zoologique n'est pas resté en marge du progrès. Les biologistes actuels ont des besoins beaucoup plus étendus que leurs prédécesseurs, mais le laboratoire s'est remarquablement bien adapté aux nécessités nouvelles. Des idées et des suggestions apportées par des spécialistes de toutes les parties du monde ont été traduites en matériel et en méthodes nouvelles dans la mesure des possibilités financières. Le développement récent des techniques biochimiques et biophysiques en biologie a demandé l'installation de chambres à température et degré d'humidité constants et l'achat d'un outillage spécial important pour diverses mesures délicates et précises. La biophysique et la biochimie ont grandement profité de l'emploi de la méthode comparée selon laquelle l'expérimentateur fait subir le même traitement à plusieurs espèces différentes d'organismes. L'établissement est resté constamment au premier plan dans les recherches de ce genre: citons par exemple les travaux sur les propriétés d'un certain nombre de pigments respiratoires et sur la nature du tissu électrique de la Torpille par rapport à la chimie musculaire et nerveuse. On remarque, de plus,



1

2



3

FIGURE 1 – Galathea strigosa, *homard trapu.*

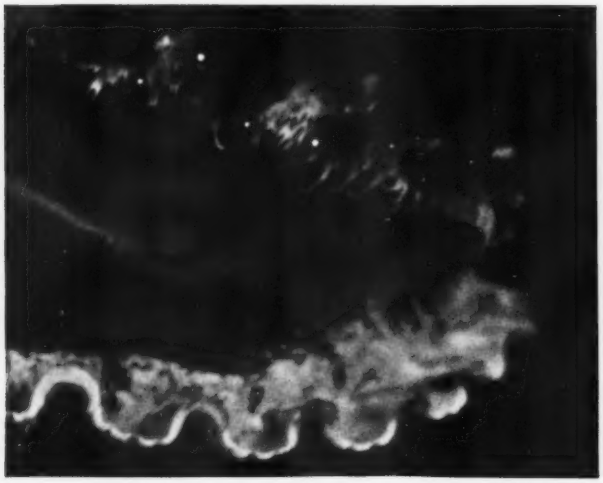
FIGURE 2 – Octopus macropus *se déplaçant parmi des rochers.*

FIGURE 3 – Scorpaena scropha, *perche des rochers ou poisson-scorpion.*

FIGURE 4 – Pecten jacobaeus, *coquille Saint-Jacques. Gros plan du bord du manteau où les yeux simples apparaissent comme des points blancs.*

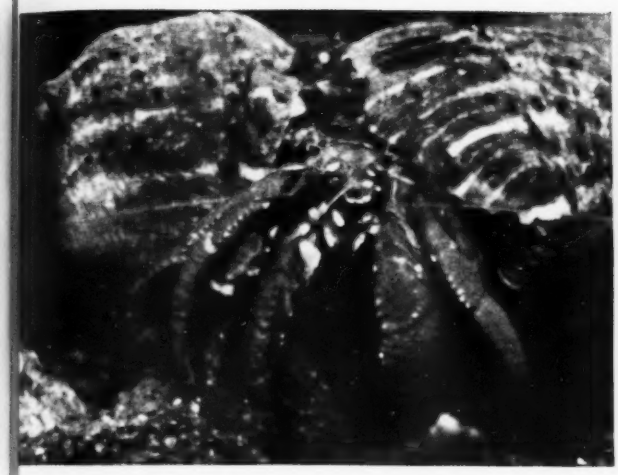
FIGURE 5 – Pecten jacobaeus. *Vue d'ensemble.*

D'après quelques photos typiques prises



4

5



6

7

FIGURE 6 – Pagurus arrosor, *un bernard-l'ermite. La coquille de gastéropode où vit l'animal est presque entièrement dissimulée par deux anémones de mer.*

FIGURE 7 – Loligo vulgaris, *calmar, nageant dans la direction de l'appareil.*

FIGURE 8 – Sepia officinalis, *seiche, en accouplement. Le mâle est à droite et montre les zébrures prononcées caractéristiques de la période des amours et de l'accouplement.*

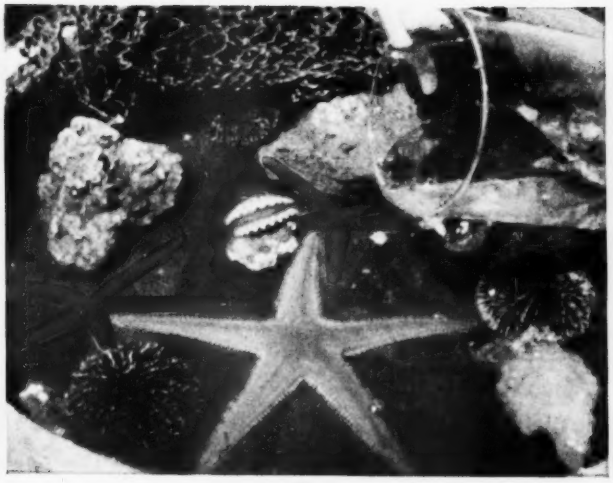
FIGURE 9 – Beroë forskâli, *groseille de mer. On aperçoit les bandes de plaques natatoires.*

FIGURE 10 – *Echinodermes divers, étoiles de mer et oursins.*

au Centre Zoologique de Naples.

8

9



10

que les grands progrès de ces deux sciences ont souvent suivi la découverte d'organismes particulièrement adaptés à une certaine expérimentation, comme l'emploi d'axones géants de calmars pour l'étude du mode de propagation de l'influx nerveux. Il est quelque peu incongru que la grande majorité des laboratoires biologiques bien outillés se trouvent à l'intérieur des terres, alors que les organismes marins conviennent fréquemment mieux à des études fondamentales particulières que les animaux habituels de laboratoire tels que la grenouille et le lapin. Le Centre Zoologique de Naples est une exception marquante à la règle.

FIGURE 11 – *La* Stazione Zoologica, *Naples.*

La tâche de maintenir le laboratoire pendant deux guerres mondiales n'a pas été facile. Une organisation internationale peut paraître forte en temps de paix et s'écrouler du jour au lendemain à l'approche de la guerre. Durant la première, et immédiatement après, la position internationale de la *Stazione Zoologica* fut en danger réel; mais, heureusement pour le monde scientifique, l'esprit initial, dans lequel elle était née, prévalut et elle demeura comme foyer d'amitié entre les peuples. Pendant la seconde guerre, l'établissement échappa miraculeusement à la destruction alors que les bombes tombaient en grand nombre dans le parc environnant et qu'une mine marine explosait tout près, sur le remblai. Il restait toutefois, et il reste encore, le problème d'un appui international suffisant. De 1939 à 1943, seules l'Italie et l'Allemagne pouvaient coopérer, mais depuis 1944, les contributions d'autres pays ont progressivement augmenté. La Grande-Bretagne donna un exemple remarquable à ce sujet, la *Royal Society* faisant un don *ad hoc* de £1000 à un moment où une aide urgente était nécessaire. Il est malheureux que le Centre Zoologique ne possède pas de fondation permettant de surmonter les difficultés financières en cas de guerre. La dévaluation consécutive à la guerre de la plupart des monnaies européennes n'a pas été compensée suffisamment par l'accroissement des loyers de tables, si bien que sur un budget global de 35 millions par an, le gouvernement italien a dû combler un déficit de 50%.

Les années d'après-guerre ont vu le nombre de savants étrangers travaillant au Centre augmenter continuellement et, en 1952, il n'y en eut pas moins de 132, dont 23 de Grande-Bretagne. La période de plus grande animation est le printemps et le début de l'été, car c'est le moment où la température est idéale pour travailler et où la majorité des animaux marins atteignent leur maturité sexuelle. A ces périodes-là, l'endurance du personnel à demeure, dont le nombre n'a pas crû en fonction de celui des visiteurs, est mise à une sévère épreuve, tant il y a de problèmes à résoudre et de demandes à satisfaire. Les problèmes ne sont pas tous scientifiques: la plupart des hôtes nouveaux ne savent pas l'italien et pourtant doivent se faire comprendre des garçons de laboratoire napolitains. En réalité, il faudrait être polyglotte et agent de voyages en même temps qu'homme de science pour servir à la *Stazione Zoologica*, car le personnel résident a une responsabilité supplémentaire considérable, celle de conseiller et renseigner sur la meilleure façon de faire un séjour utile et agréable à Naples.

Luntan' a Napule nun se pò sta' disent les Napolitains, ce qui signifie qu'ayant vu Naples on y revient toujours. Les savants de passage corroborent les paroles de la vieille chanson car ils reviennent au Centre Zoologique d'année en année. Driesch y fit quatorze visites, Apathy encore davantage et J. Z. Young y a déjà été neuf fois. Les jeunes n'ont pas moins d'enthousiasme que leurs aînés; heureusement, car c'est à eux que revient la tâche d'entretenir par leur influence le caractère international de l'établissement, qui est sa plus chère tradition.

La dureté des solides

par D. TABOR

L'étude des propriétés physiques des solides comporte des problèmes dont on peut aisément concevoir l'importance. L'auteur donne ici un aperçu de ses travaux relatifs aux essais de dureté des métaux par empreinte et par rayure: ils ont abouti à la découverte d'un rapport entre la dureté et la charge de rupture, et à la confirmation de la validité de l'échelle de Mohs.

DURETÉ À L'EMPREINTE DES MÉTAUX

Dans une introduction à l'étude de la dureté des métaux, O'Neill [1] fait sagement remarquer que la dureté «comme une mauvaise mer, peut être décrite approximativement, mais ne peut se mesurer facilement». On utilise en général la résistance à une déformation locale. On peut l'estimer de plusieurs façons. D'ordinaire, en métallurgie, on applique un coin contre la surface: l'empreinte est grande sur une substance molle, et petite sur une substance dure. Nous pouvons perfectionner la méthode, en calculant la pression moyenne entre le coin et le solide au moment de l'entaillement; on a alors une mesure quantitative de la dureté du solide, exprimée d'ordinaire en kg/mm².

Quand on relève le coin, l'empreinte change de forme et de dimensions par élasticité. Mais le phénomène prédominant est la déformation plastique du métal autour du coin. Nous devons donc nous attendre à trouver une relation entre la dureté mesurée de cette façon, et les propriétés plastiques d'un métal.

PROPRIÉTÉS PLASTIQUES FONDAMENTALES DES MÉTAUX

Considérons un échantillon métallique cylindrique soumis à une tension uniforme parallèle à son axe. En représentant graphiquement la tension réelle en fonction de la déformation linéaire, on a une droite, dont la pente est le module d'Young du métal (figure 1, portion OA). Dans ce domaine, la déformation est réversible. Lorsque la tension cesse, il ne subsiste pas de déformation résiduelle observable. Mais si l'étirement est excessif, la courbe tension-déformation cesse d'être une droite. Lorsque la tension cesse, une déformation résiduelle subsiste; on dit qu'il y a eu déformation plastique. La tension Y qui entraîne une déformation plastique s'accroît avec l'allongement ε. C'est un aspect particulier d'un phénomène général bien connu: le travail ou la déformation des métaux les rendent plus durs et plus forts. Sur une portion limitée de la courbe tension-déformation, on peut relier d'une façon très approximative l'accroissement de Y à celui de ε par une formule du type $Y = b\varepsilon^x$. Une formule similaire est applicable lorsque le métal est comprimé plastiquement dans un étau. On appelle quelquefois l'exposant x, indice d'écrouissage; il varie de zéro pour les métaux qui ne s'écrouissent pas jusqu'à 0,6 pour les métaux complètement recuits, qui s'écrouissent très notablement.

Si on poursuit la déformation de l'échantillon extensible jusqu'en D et qu'on supprime la charge, il revient élastiquement en O'. La déformation permanente ou plastique est donc représentée par OO'. Soumettons cet échantillon écroui à un nouvel effort, avec le point O' comme nouvelle origine. La courbe tension-déformation suit le trajet O'DE, c'est-à-dire que la limite élastique Y est presque constante.

Lorsqu'on effectue une empreinte dans une substance dans ces conditions, l'écrouissage qui

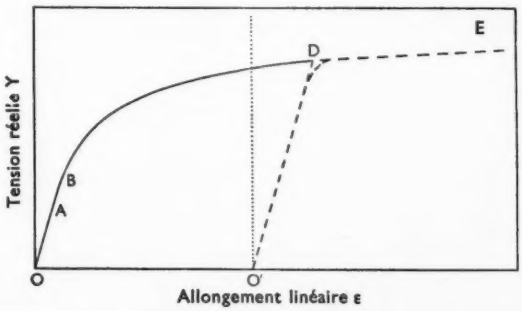


FIGURE 1 – *Allongement en fonction de la tension. OA correspond à la déformation élastique initiale. En B commence la déformation plastique. La limite d'élasticité s'accroît régulièrement avec la déformation. En D, si la tension disparaît, la courbe suit le trajet réversible DO', OO' représente alors l'allongement permanent. Si l'échantillon est maintenant soumis à un allongement ultérieur, avec O' comme nouvelle origine, la courbe allongement-tension est O'DE. Il n'y a désormais que peu d'accroissement de la limite d'élasticité avec la tension.*

en résulte n'aura qu'un effet négligeable sur Y. Nous pouvons donc nous attendre à une relation entre Y et la dureté mesurée par empreinte.

EMPREINTES SUR DES MATÉRIAUX PARFAITEMENT PLASTIQUES

On dit qu'un corps est parfaitement plastique lorsque Y est constant. Ce cas a été traité théoriquement pour la première fois par Prandtl, il y a plus de 30 ans [2], ainsi que par Hencky, indépendamment, quelques années après [3]. Leur analyse se fonde sur une observation d'ordre général: la pression hydrostatique en elle-même ne cause pas de déformation plastique des métaux. Un échantillon cylindrique qui cède plastiquement sous l'effet d'un effort uniaxe Y, de tension ou de compression ne se déforme pas sous l'effet d'une pression hydrostatique, même très supérieure à Y; il faut superposer à cette dernière un effort uniaxe Y pour obtenir la déformation plastique [4]. Ceci suggère que le fluage plastique est déterminé par une condition de cisaillement maximum, ou d'énergie de cisaillement maximum. Prandtl et Hencky ont montré que lorsqu'on applique ces conditions à la production d'une empreinte localisée plastique sous l'effet d'un coin, on trouve que presque deux tiers de la pression moyenne de contact est une pression de type hydrostatique, et qu'un tiers seulement est efficace pour produire la déformation plastique. Si P désigne alors la pression moyenne entre le coin et le métal, et Y la limite élastique

$$\tfrac{1}{3}P \simeq Y \quad \text{ou} \quad P \simeq 3Y \quad \ldots \quad (1)$$

DURETÉ VICKERS DE MATÉRIAUX IDÉALEMENT PLASTIQUES

Dans le type habituel d'appareil utilisé en métallurgie, l'appareil de Vickers, l'empreinte est obtenue par un diamant en forme de pyramide à base carrée, avec un angle de 136° entre les faces opposées (figure 2*a*). La théorie de la plasticité suggère que la valeur moyenne de la limite d'élasticité, dépendra un peu de l'angle des faces du coin, mais la relation entre P et Y sera très voisine de l'équation (1). On peut vérifier cette conclusion en écrouissant un métal, autant qu'il est nécessaire, pour atteindre une portion de la courbe tension-allongement où Y est pratiquement constant. On peut faire alors des empreintes Vickers et calculer la pression moyenne P sur les entailles. Elle est donnée par la formule:

$$P = \frac{\text{Charge}}{\text{Projection de l'aire de l'empreinte}} \quad \ldots \quad (2)$$

TABLEAU I

Relation entre la limite élastique Y *et la pression sur l'empreinte* P (*coin de Vickers*)

Métal	Y (*kg/mm²*)	P (*kg/mm²*)	P/Y
Tellure-plomb	2,1	6,7	3,2
Aluminium ..	12,3	39,5	3,2
Cuivre ..	27	88	3,3
Acier doux ..	70	227	3,2

Le tableau I [5] donne quelques résultats caractéristiques; on verra que dans un domaine très étendu $P = 3{,}2Y$. La dureté Vickers H_v est définie comme le quotient de la charge par l'aire pyramidale de l'empreinte. On passe donc de P à H_v en multipliant par cos 22° = 0,9272. Par suite:

$$H_v = 0{,}9272 \times 3{,}2Y \simeq 3Y.$$

Donc, la dureté Vickers d'un corps idéalement plastique est environ le triple de sa limite d'élasticité. Il semble que personne depuis presque 30 ans n'ait remarqué cette relation étonnamment simple, qui est une conséquence directe des travaux de Prandtl et Hencky. Malgré bien des complications, elle reste la relation fondamentale entre la dureté, mesurée par empreinte, et les propriétés générales du métal. De plus, puisque pour un corps idéalement plastique sous étirement, la charge de rupture T_u est atteinte dès que la déformation plastique commence, Y est essentiellement égal à T_u. La dureté fournit donc une mesure directe de la charge de rupture; effectivement on a très précisément $T_u = 0{,}33\ H_v$.

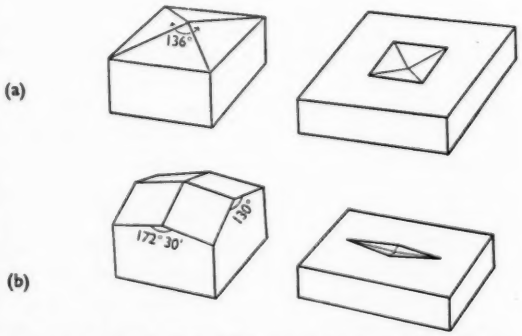


FIGURE 2 – (a) *Coin Vickers standard, en forme de pyramide, en diamant. Empreinte carrée correspondante.* (b) *Coin Knoop standard, en diamant. Empreinte allongée correspondante. Le coin Knoop semble mieux adapté à l'étude des matériaux cassants.*

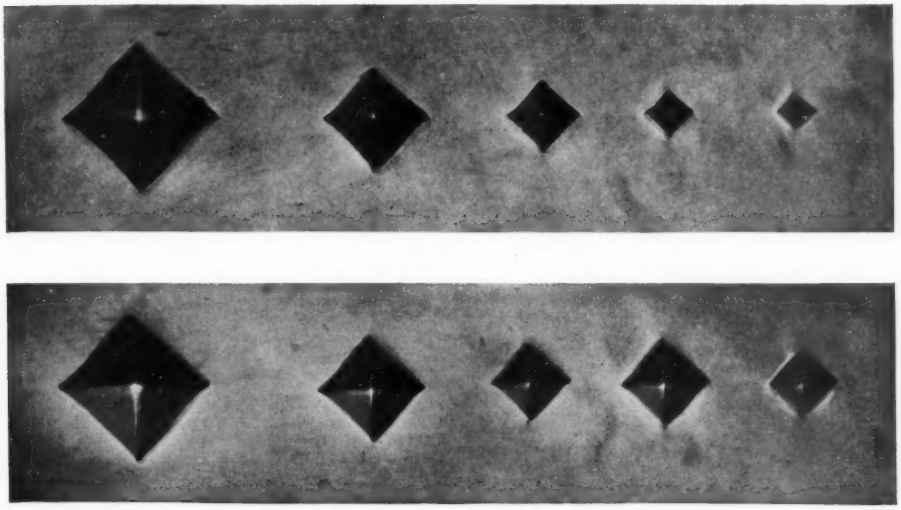


FIGURE 3 – *Empreintes Vickers sur la surface de l'aluminium recuit, poli électrolytiquement. Lorsqu'on supprime toute source de vibrations extérieures, et qu'on coupe l'illumination pendant l'opération, les empreintes diminuent régulièrement avec la charge. La dureté est essentiellement constante. Si l'on maintient l'illumination, les vibrations dues à la source lumineuse sont causes d'empreintes trop grandes (pour des charges inférieures à 10 g); la dureté semble décroître à faible charge. (Tiré du mémoire de Wilson* [6].)

PRINCIPE DE SIMILITUDE GÉOMÉTRIQUE

Il est utile de discuter le principe de similitude géométrique avant d'envisager le cas des métaux qui s'écrouissent. Si deux empreintes ont la même forme géométrique, quelle que soit leur dimension, les répartitions des déformations et des efforts autour des empreintes seront géométriquement semblables. Ceci résulte de considérations physiques fondamentales, et reste valide qu'il y ait ou non écrouissage. D'une façon simplifiée, cela signifie qu'une grande empreinte est essentiellement l'agrandissement d'une petite, avec la même répartition des efforts et des déformations en des points correspondants par similitude. La pression limite, qui est la pression moyenne qui agit sur le coin sera la même, quelles que soient les dimensions de l'empreinte. Donc, pour un coin pyramidal (ou conique), la dureté est indépendante des dimensions de l'empreinte, donc aussi de la charge. C'est bien ce que l'on constate dans les mesures de dureté Vickers.

Ce principe est important pour les mesures de microdureté, qui utilisent un coin pyramidal. On observe souvent un accroissement de dureté aux faibles charges. Ce n'est pas parce que la loi de similitude géométrique n'est plus valable. C'est parce que les couches superficielles de l'échantillon sont plus dures que le substrat. Avec des charges assez faibles, on se rapproche de la valeur véritable de la dureté de la couche superficielle, tandis qu'avec des charges lourdes, et de profondes empreintes, la dureté mesurée se rapproche de la dureté globale des couches sous-jacentes.

Parfois, pour des charges très faibles, on observe une nouvelle décroissance apparente de la dureté. Au cours d'expériences récentes, avec un appareil à microdureté à balancier, Wilson [6] a montré que ceci est dû à des vibrations qui, lorsque les charges sont extrêmement petites, rendent l'empreinte plus grande que si la charge était parfaitement statique. Avec ce type d'appareil, où le mécanisme de charge est supporté par la platine d'un microscope ordinaire, on trouve que, même en écartant toutes les sources extérieures de vibration, on peut encore faire des erreurs sérieuses dues à des vibrations produites par la source de lumière qui éclaire l'échantillon. Si on illumine pendant l'opération, l'empreinte correspondant à une charge de 10 g est plus grande qu'elle ne devrait; en coupant l'éclairage pendant l'opération, on arrive à des résultats uniformes (figure 3). Ce travail, comme d'autres analogues, montre que la variation de dureté avec la charge dans le cas des coins pyramidaux vient soit d'une variation authentique de dureté avec la profondeur, soit de quelques caractéristiques de l'instrument.

DURETÉ VICKERS ET DURETÉ BRINELL

Si on applique sur un métal un coin pyramidal, il est déformé plastiquement et écroui, c'est-à-dire que Y est augmenté. Les déformations plastiques varient d'un point à l'autre et ainsi la limite d'élasticité Y varie également. Nous pouvons cependant supposer qu'il existe une valeur représentative de la tension limite Y_r, qui est reliée à la dureté Vickers observée par la relation $H_v = cY_r$, où c est encore voisin de 3. On trouve empiriquement que l'entaillement produit une déformation moyenne ou représentative ε_r (correspondant à Y_r) équivalente à un allongement sous tension de 8%. Donc, si nous déterminons, sur la courbe tension-déformation du métal la limite d'élasticité correspondant à un allongement supplémentaire de 8%, la dureté Vickers sera le triple de sa valeur. En vertu du principe de similitude géométrique, cette déformation supplémentaire sera la même quelles que soient les dimensions de l'empreinte. On trouve aussi que la déformation supplémentaire est approximativement constante, quel que soit l'état initial d'écrouissage de l'échantillon. C'est ce qu'on voit sur le Tableau II, pour des échantillons de cuivre recuit et d'acier écrouis sous l'effet de divers allongements ε_0, et essayés ensuite. On a déterminé la limite d'élasticité pour un allongement de $(\varepsilon_0 + 8)\%$, à partir de la courbe tension-déformation et comparé avec les duretés Vickers observées. L'accord entre les deux dernières colonnes est assez bon, ce qui montre que les hypothèses de base sont assez valides.

TABLEAU II

Relation entre la limite d'élasticité Y *et la dureté Vickers, dans le cas de métaux écrouis sous l'effet de l'entaillement*

Métal	*Déformation initiale* ε_0 %	(ε_0+8) %	$Y(kg/mm^2)$ (ε_0+8) %	cY	*Dureté Vickers observée*
				$c = 2{,}9$	
Acier doux	0	8	55	159	156
	6	14	62	176	177
	10	18	66	190	187
	13	21	67	194	193
	25	33	73	211	290
				$c = 3{,}0$	
Cuivre recuit	0	8	15	45	39
	6	14	20	60	58
	12,5	20,5	23,3	70	69
	17,5	25,5	25	75	76
	25	33	26,6	80	81

Il est évident que la mesure de la dureté par empreinte correspond à la mesure de la limite d'élasticité plastique du métal, telle qu'elle est réellement, augmentée sous l'effet de l'entaillement lui-même.

Dans une méthode ancienne de mesure, due à Brinell, on utilise une bille sphérique. Là encore, la pression sur l'empreinte est en gros le triple de la limite d'élasticité du métal, si bien que les duretés Brinell et les duretés Vickers sont très sensiblement égales. Il y a cependant une différence fondamentale: une grande entaille produit des déformations plastiques plus grandes qu'une petite entaille, un plus grand accroissement de la limite d'élasticité effective, et par suite une élévation appréciable de la dureté observée.

Un examen approfondi [5] montre que si d est le diamètre de l'entaille et D celui de la bille, la pression sur l'empreinte P peut s'exprimer approximativement par la relation

$$P = P_0\,(d/D)^x \qquad \ldots \qquad \ldots \quad (3)$$

où x est l'indice d'écrouissage donné par l'équation (1). Les mesures de dureté au moyen de billes sphériques peuvent donc fournir un moyen de mesure assez direct de la capacité d'écrouissage d'un métal. Cette propriété du métal est très importante, car elle est en relation étroite avec sa ductilité.

RÉSISTANCE DES MINÉRAUX À LA RAYURE. ECHELLE DE DURETÉ DE MOHS

Il existe un autre moyen d'estimer la dureté, utilisé d'abord par les minéralogistes et lapidaires pour identifier ou évaluer les propriétés physiques des pierres ou des minéraux: l'essai de résistance à la rayure. Il est utilisé depuis plus d'un siècle sous la forme que lui donna Mohs [7]; celui-ci proposa dix minéraux de résistance croissante à la rayure comme unités de son échelle de dureté. Chacun d'eux peut rayer celui qui se trouve en-dessous de lui sur l'échelle, mais non pas celui qui se trouve au-dessus. A première vue, une telle échelle peut sembler trop arbitraire pour avoir une signification physique quelconque. Mohs lui-même s'en doutait, et dans le choix des minéraux standard, il souligne que les intervalles entre deux minéraux de l'échelle ne doivent pas être trop grands pour éviter que l'utilisation en

soit difficile, ou même complètement impossible. C'est dans cette idée qu'il choisit ses dix minéraux fondamentaux: 1 talc, 2 gypse, 3 calcite, 4 fluorine, 5 apatite, 6 orthoclase, 7 quartz, 8 topaze, 9 corindon, 10 diamant. Mohs n'explique nulle part le critère d'égalité parfaite qu'il a utilisé; il fait seulement remarquer qu'il y a une lacune regrettable entre le corindon et le diamant. On a montré récemment qu'on pouvait construire une échelle à intervalles égaux fondée sur des propriétés physiques bien établies. L'échelle de Mohs s'y adapte avec une précision surprenante.

DURETÉ À L'EMPREINTE DES MINÉRAUX

Lorsqu'on s'occupe de la dureté à la rayure de minéraux, on pourrait croire qu'il s'agit avant tout du comportement et des propriétés physiques de substances relativement cassantes. Mais ce n'est pas le cas. Bridgman [8] et d'autres chercheurs ont montré que l'on peut empêcher les matériaux cassants de se fracturer sous des pressions suffisamment élevées. Dans ces conditions, ils ne subissent que des déformations essentiellement plastiques. Comme nous l'avons vu, les efforts qui s'exercent autour d'un coin sont l'équivalent d'une pression hydrostatique à laquelle se superpose un cisaillement. Dans beaucoup de cas, ces pressions hydrostatiques sont suffisantes pour empêcher une fracture, et on peut obtenir des empreintes plastiques très satisfaisantes, bien qu'il puisse y avoir aussi des fêlures [9]. De plus, lors de la rayure elle-même, les conditions, au contact, sont analogues à celles qui règnent autour d'un coin statique. Là encore, l'examen détaillé montre que, malgré une fragmentation possible, la déformation dominante est une déformation plastique [9]. La rayure, comme l'empreinte statique dépendent donc en tout premier lieu des propriétés plastiques du matériau, et nous pouvons espérer trouver une relation entre la dureté Mohs et la dureté à l'empreinte. C'est ce qui a lieu effectivement, comme le montre la figure 4, dont les données reposent sur des mesures effectuées avec l'appareil Vickers standard [10, 11], ainsi qu'avec l'appareil de Knoop [12, 13], qui semble produire moins de fêlures des matériaux cassants (figure 2*b*). L'allure générale est évidente. La dureté à l'entaille s'élève régulièrement, par bonds de plus en plus grands, chaque fois qu'on s'élève d'une unité sur l'échelle de Mohs.

DURETÉ À LA RAYURE DES MÉTAUX

Puisque la dureté à la rayure fait intervenir avant tout les propriétés plastiques des minéraux, on peut grandement simplifier les recherches en les remplaçant par des métaux. Une expérience simple de ce type révèle tout de suite les caractères fondamentaux de l'échelle de dureté par rayure [14]. On prépare une bande de métal, par un traitement thermique convenable, qui le rend mou à une extrémité et dur à l'autre, avec un accroissement assez uniforme en dureté à l'empreinte suivant sa longueur. On prépare un autre échantillon métallique de dureté intermédiaire uniforme, avec une extrémité pointue, que l'on fait passer sur la bande, de l'extrémité molle à l'extrémité dure. On trouve alors que du côté mou, le frottement est élevé, et le mouvement discontinu, et qu'il y a formation d'un mince copeau. Le comportement reste analogue à mesure qu'on se rapproche de l'extrémité la plus dure, jusqu'à ce que, pour une dureté critique de la surface, le frottement tombe brusquement à une valeur très basse, et que l'entaille superficielle devienne négligeable. Il n'y a plus de rayure. On utilise ce dispositif expérimental d'une façon générale dans l'étude de la rayure et on trouve qu'une pointe de dureté par empreinte H_p ne peut rayer une surface de dureté par empreinte H_s que si $H_p \geqslant 1{,}2H_s$. La raison profonde n'en est pas évidente, car cette formule ne dépend pas de façon critique, semble-t-il, de la forme de la pointe. Supposons donc qu'il y a rayure seulement lorsque H_p devient égal à $1{,}2H_s$. Nous pouvons alors construire une échelle de dureté où chaque unité est 1,2 fois aussi dure que la précédente. La dureté par rayure M est reliée à la dureté par entaille H par une relation de la forme

$$H = k(1{,}2)^M, \quad \text{ou}$$
$$\log H = M \log 1{,}2 + k_2.$$

En représentant graphiquement $\log H$ en fonction de M, on doit avoir une droite de pente $\log 1{,}2$. En pratique, on tâchera d'éviter les empiètements des unités en utilisant un rapport un peu supérieur à 1,2, mais on aura d'une façon générale une relation linéaire entre $\log H$ et M.

C'est ainsi qu'on a représenté sur la figure 5, les résultats de Winchell et Taylor, donnés sur la figure 4. Si l'on met à part le diamant, l'accord avec la relation $\log H = nM$ est surprenant. Les valeurs de n correspondent à un rapport de dureté entre chaque unité Mohs d'environ 1,6. Ainsi l'échelle de dureté de Mohs donne des valeurs de la dureté par rayure qui correspondent à des duretés par empreinte assez bien déterminées. Chaque unité de l'échelle de Mohs correspond

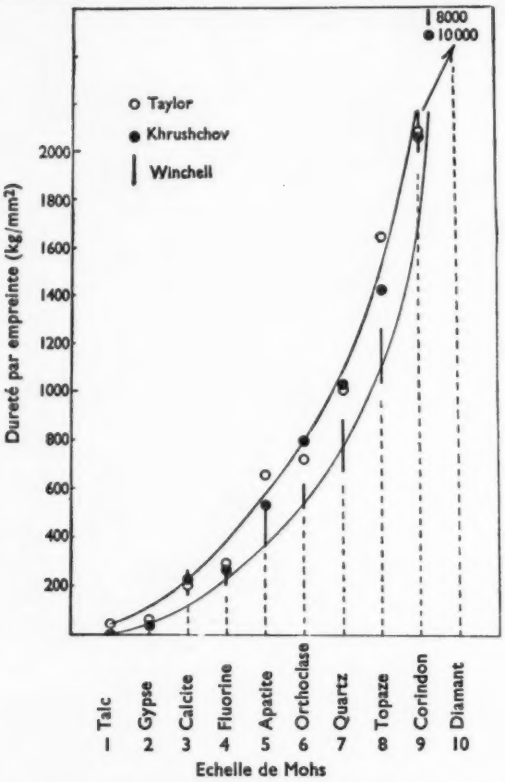


FIGURE 4 – *Relation entre les duretés, mesurées dans l'échelle de Mohs, et les duretés par empreinte. Système Vickers:* ○, *résultats de Taylor* (1949); ● *résultats de Khrushchov* (1949). *Système Knoop:* |, *résultats de Winchell* (1945) *et Knoop et collaborateurs* (1939).

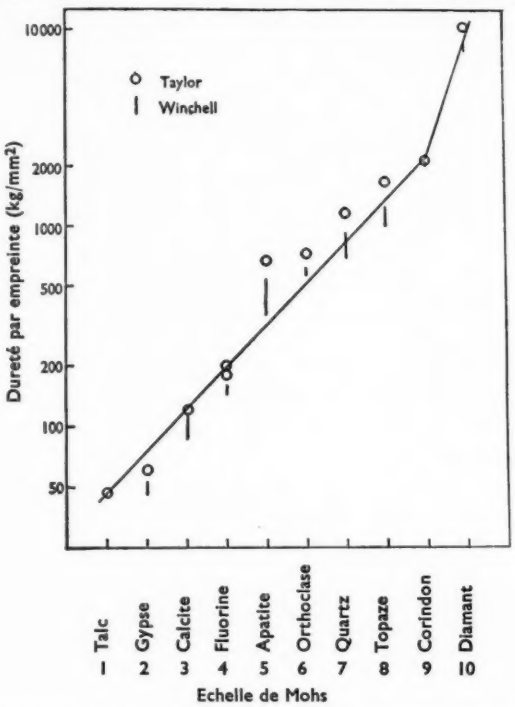


FIGURE 5 – *Dureté Mohs M en fonction de log H, à partir des résultats de Taylor et Winchell, et de Knoop et collaborateurs. M est approximativement proportionnel à log H. Chaque intervalle de Mohs correspond à une multiplication de la dureté par empreinte par environ* 1,6.

à une augmentation de 60% de la dureté par empreinte.

Cette relation simple n'a rien de surprenant quand on réalise que la courbe de la figure 4 est caractéristique de bien des phénomènes physiologiques, où l'effet produit est proportionnel au logarithme de l'excitation. Apparemment, Mohs ne s'est pas contenté de choisir dix minéraux communs de dureté croissante; il a sans doute expérimenté sur un nombre bien plus grand, jusqu'à être pleinement satisfait de l'«égalité des intervalles». Son critère était tactile, et dans ces conditions, c'est encore la loi logarithmique qui s'applique.

BIBLIOGRAPHIE

[1] O'NEILL, H. «The Hardness of Metals and its Measurement». Chapman and Hall, Londres. 1934.
[2] PRANDTL, L. *Nachr. Ges. Wiss. Göttingen*, **74**, 1920.
[3] HENCKY, H. *Z. angew. Math. Mech.*, **3**, 250, 1923.
[4] HILL, R. «The Mathematical Theory of Plasticity». Clarendon Press, Oxford. 1950.
[5] TABOR, D. «The Hardness of Metals». Clarendon Press, Oxford. 1951.
[6] WILSON, R. Thèse de Doctorat, Cambridge. 1952.
[7] MOHS, F. «Grundriss der Mineralogie» (1824). Citation en Anglais de la traduction de W. HAIDINGER, «Treatise on Mineralogy». Constable, Edimbourg. 1825.
[8] BRIDGMAN, P. W. «Studies in Large Plastic Flow and Fracture». McGraw-Hill, Londres. 1952.
[9] KING, R. F. et TABOR, D. *Proc. roy. Soc.* 1954 (sous presse).
[10] TAYLOR, E. W. *Miner. Mag.*, **28**, 718, 1949.
[11] KHRUSCHCHOV, M. M. *Zavod. Labor.*, **15**, 243, 1949.
[12] WINCHELL, H. *Amer. Min.*, **30**, 583, 1945.
[13] KNOOP, F., PETERS, C. G., et EMERSON, W. B. *J. Res. nat. Bur. Stand.*, **23**, 39, 1939.
[14] TABOR, D. *Proc. phys. Soc. Lond.*, 1954 (sous presse).

L'hérédité chez les Paramécies

par G. H. BEALE

Des expériences récentes faites sur les Paramécies, micro-organismes unicellulaires, ont démontré que le cytoplasme de certaines races renferme des particules qui, telles un gène, sont responsables d'un caractère héréditaire spécifique. On a remarqué toutefois que l'action de ces particules est étroitement liée à celle d'un gène correspondant du noyau. Dès que le rôle du cytoplasme dans l'hérédité sera mieux connu, on y trouvera peut-être l'explication de certaines différences constatées entre des organismes apparemment identiques.

Les généticiens et la plupart des autres biologistes admettent actuellement que les facteurs déterminants des caractères héréditaires, les gènes, sont localisés dans le noyau des cellules animales ou végétales et disposés linéairement le long des chromosomes. Ce serait cependant une erreur de supposer que les gènes monopolisent le contrôle des processus héréditaires et qu'il n'existe aucun autre constituant cellulaire d'importance comparable. On connaît, depuis les débuts de la génétique des exemples de caractères transmis par voie cytoplasmique, principalement chez les plantes, mais leur nombre est, de l'aveu de tous, petit en comparaison de celui des caractères contrôlés par des gènes. On a généralement négligé le rôle du cytoplasme dans l'hérédité pour des raisons techniques, dans l'étude des sujets favoris des généticiens tels que la Drosophile. Récemment, quelques généticiens se sont tournés vers d'autres organismes plus favorables à l'étude de ce problème, à la tête desquels on trouve le protozoaire cilié *Paramecium aurelia*.

Il est bien connu que les individus de *Paramecium* se multiplient par divisions binaires produisant des cellules filles ayant des constituants nucléaires identiques à ceux des parents. On peut aisément isoler dans des gouttes d'eau des échantillons d'une population de cellules dérivée d'un seul individu pour les soumettre à des traitements variés destinés à produire des modifications plus ou moins permanentes. De plus, grâce à la découverte de la méthode de croisement par Sonneborn [1], on peut croiser les cellules modifiées avec celles dont elles sont dérivées. Seul un organisme unicellulaire comme la Paramécie permet un tel procédé; chez les organismes supérieurs, la fécondation se fait entre des cellules germinales bien protégées contre les variations du milieu et modifiées seulement par des méthodes aussi brutales que les traitements aux rayons X, au gaz moutarde, etc.

La Paramécie offre encore un autre avantage: le processus sexuel se réalise par le phénomène spécial de la conjugaison où deux individus font un échange réciproque de noyaux haploïdes, avec peu ou pas d'échange de cytoplasme; exceptionnellement et dans certaines conditions connues de grandes quantités de cytoplasme peuvent s'échanger. En conséquence, après la conjugaison, les deux ex-conjugants et toutes les cellules dérivées de leurs divisions contiennent des noyaux identiques dérivés moitié de l'un des parents, moitié de l'autre; mais si les parents différaient par leur cytoplasme on doit s'attendre à ce que la descendance de l'un des ex-conjugants contienne un type de cytoplasme et la descendance de l'autre, l'autre type. Cet organisme est donc éminemment favorable à des recherches sur l'importance relative du noyau et du cytoplasme dans la détermination des caractères héréditaires.

LES «KILLERS»

Sonneborn [2] a découvert que certaines races de Paramécies, les races *killer* (tueur), exsudent dans l'eau une substance toxique qui tue les individus des autres races dites «sensibles». Le caractère killer est héréditaire et déterminé par une certaine combinaison des gènes et du cytoplasme. Par exemple, un animal killer du stock 51 (variété 4) est croisé avec un animal sensible du stock 47 (également variété 4): les descendants ayant reçu leur cytoplasme du parent killer sont killers et ceux qui l'ont reçu du parent sensible sont sensibles; mais quand des transferts visibles de cytoplasme s'opèrent durant la conjugaison tous les descendants sont killers. Sonneborn a donc postulé un facteur cytoplasmique *kappa* comme élément héréditaire responsable du développement du caractère killer. Un travail plus approfondi a montré que des gènes nucléaires intervenaient aussi; en effet, si l'on croise des animaux

killers du stock 51 avec des sensibles du stock 32 et si l'on soumet les hybrides obtenus à l'autogamie (phénomène d'autofécondation interne qui peut se produire chez *P. aurelia*), on trouve que certains animaux ayant reçu du cytoplasme de parent killer sont néanmoins sensibles. L'analyse simple de la descendance a montré que la présence dans le noyau d'un facteur Mendélien dominant appelé *K* est nécessaire, en plus de *kappa* dans le cytoplasme, pour la réalisation du caractère killer (figure 1). En l'absence du gène *K*, *kappa* disparaît du cytoplasme et une fois perdu ne peut se former à nouveau même en présence de *K*, à moins de réintroduire une particule *kappa*, au moins, prise au cytoplasme d'un autre animal killer.

Il est donc évident que *kappa* possède une très grande autonomie. De plus, il existe différents types de *kappa* et on a pu constater des mutations de l'un à l'autre [3]. Ces faits et un certain nombre d'autres ont rendu probable le fait que *kappa* soit un facteur en quelque sorte analogue à un gène mais localisé dans le cytoplasme et non sur un chromosome. On lui a donc appliqué le terme de plasmagène. Ceci a soulevé beaucoup de controverses. Les tenants de la génétique classique y voyaient une menace pour la théorie du gène nucléaire, qui ne doit pas constituer, après tout, le seul facteur indispensable de l'hérédité. D'autres travailleurs espéraient qu'on avait enfin montré que le cytoplasme est aussi important que les gènes.

Cependant, en 1948, Preer [4] réussit à rendre *kappa* visible. En colorant les Paramécies killers par la méthode Feulgen, il a trouvé que chaque cellule contient quelques centaines de particules Feulgen-positives, aisément visibles sous le microscope, alors que les animaux sensibles sont dépourvus de particules. De plus, Sonneborn [5] réussit avec beaucoup de difficultés il est vrai, à infecter des Paramécies avec *kappa* au moyen de bouillies concentrées réalisées par écrasement d'animaux killers.

Il est donc devenu possible (comme l'avaient déjà suggéré Altenburg et d'autres) que *kappa* ne soit pas une sorte de gène mais plutôt un organisme symbiote, et donc ne constitue pas une partie essentielle de l'appareil héréditaire de la Paramécie. Les tenants de cette opinion ont tendance à faire de *kappa* un virus. L'analogie avec les virus (ou les bactéries) est cependant loin d'être parfaite et il est probablement plus sûr de conserver à *kappa* son originalité propre en ne l'identifiant ni avec les gènes ni avec les virus. Un

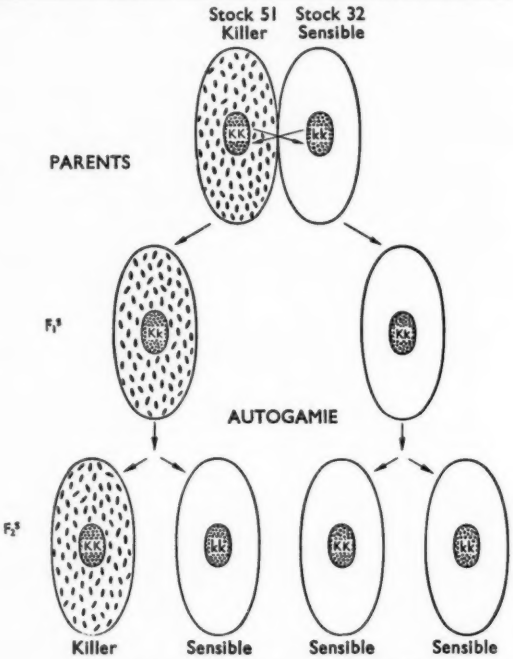


FIGURE 1 – *Hérédité du caractère «killer».*

récent travail de Chao [6] a d'ailleurs montré que la relation entre *kappa* et le gène *K* est remarquablement précise et que les Paramécies de constitution génétique *KK* renferment deux fois plus de particules *kappa* que les Paramécies de constitution *Kk*, placées dans des conditions identiques.

On se sait rien sur l'existence dans la nature de particules analogues à *kappa*, mises à part celles que l'on trouve dans différentes races de trois des huit variétés de *P. aurelia*. Il est notoirement rare que du matériel Feulgen-positif se trouve à l'extérieur des chromosomes; nous devons donc être en présence d'un phénomène relativement rare. Néanmoins, on peut trouver des parallèles intéressantes entre ces particules *kappa* et les particules de provirus que l'on suppose présentes dans les bactéries lysogènes, par exemple [7].

LES ANTIGÈNES

On sait depuis de nombreuses années que si l'on injecte des Paramécies à des Lapins, ces derniers produisent des anticorps capables d'immobiliser et de tuer les Paramécies de même type que celles injectées. On sait aussi depuis longtemps qu'un échantillon donné de Paramécies peut contenir quelques individus entièrement insensibles à un antisérum hautement toxique pour la majorité

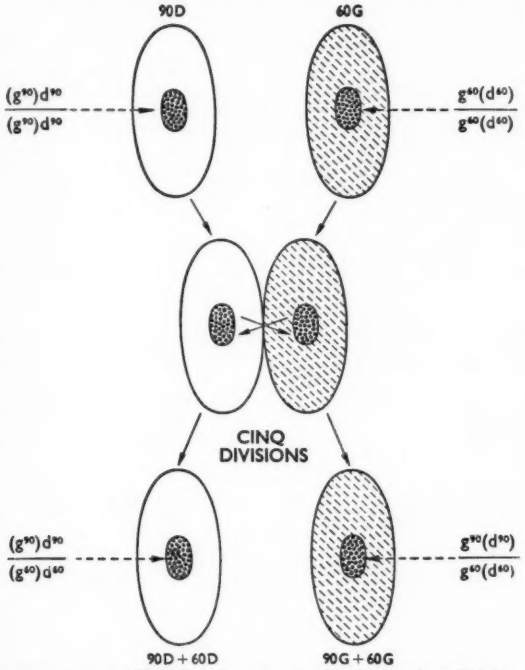


FIGURE 2 – *Hérédité des types antigéniques cinq divisions après le croisement 90D × 60G. Les gènes entre crochets sont inexprimés.*

d'entre elles. L'aspect génétique de cette variation antigénique a été étudié depuis quelques années par Sonneborn [8], Beale [9], et d'autres auteurs.

Le premier fait remarquable découvert est la possibilité pour des animaux d'un même stock, donc tous dérivés par reproduction asexuée d'un seul individu homozygote, de passer d'une manière nette d'un type antigénique à un autre. Ainsi le type A peut se transformer en type B ou l'inverse. On peut rapidement distinguer de tels types par leurs réactions sur deux antisérums différents appelés respectivement anti A et anti B. Un travail plus approfondi a montré que toute une série de types antigéniques peuvent se produire à l'intérieur d'un seul stock. En 1950, on avait trouvé pour le stock 51 huit de ces types et il y en a sans doute d'autres à découvrir. Chacun de ces huit types contient exactement les mêmes gènes, mais Sonneborn a montré qu'ils diffèrent par leur cytoplasme.

La transformation d'un type antigénique à un autre est facilitée par de nombreux traitements tels que: variations de température, de quantité de nourriture, de salinité du milieu ou, traitement des animaux par des doses subléthales d'antisérum homologue. L'induction d'une transformation antigénique par le dernier traitement mentionné présente un intérêt spécial, puisqu'il paraît être un exemple de transformation héréditaire ou mutation donnant naissance à un type mieux adapté au milieu qui l'induit. Un tel résultat est naturellement incompatible avec la génétique orthodoxe. On doit cependant remarquer d'une part que ces mutations dirigées chez *Paramecium* sont cytoplasmiques et ne présentent donc rien de commun avec les mutations de gènes et, d'autre part, que le traitement par l'antisérum homologue faible ne produit pas toujours de telles transformations. Les animaux, après traitement au sérum, sont fréquemment du même type antigénique qu'auparavant.

Comme on l'a établi ci-dessus, le milieu a une influence marquée sur le type antigénique formé. Néanmoins, plusieurs types peuvent se perpétuer dans différents animaux d'un même stock placés dans des conditions identiques. Sonneborn et Le Suer [10] ont montré par exemple que dans le stock 51, trois types différents — B, D, A — peuvent se maintenir indéfiniment si l'on fait la culture à 27° avec une nourriture suffisante pour assurer une division par jour. Dans de telles conditions, les différents types de cytoplasme persistent pendant de nombreuses générations et sont donc héréditaires. Il apparaît ainsi que les variations antigéniques sont exclusivement contrôlées par des facteurs cytoplasmiques et que les gènes nucléaires n'y jouent aucun rôle. Pourtant, des travaux postérieurs de Sonneborn sur la variété 4, et de Beale sur la variété 1, ont montré que les gènes contrôlent malgré tout le type antigénique d'une manière excessivement précise.

Dans tout stock de la variété 1, on trouve habituellement trois types antigéniques: S à basse température, G aux températures moyennes et D à haute température. Chaque stock donne une variété caractéristique propre de ces trois types; par exemple, le stock 90 donne le type 90G et le stock 60 le type 60G sérologiquement tout à fait distinct de 90G. L'analyse génétique a montré que ces deux variétés du type G sont déterminées par une paire d'allèles, appelés respectivement g^{90} et g^{60}. De plus, les types de haute température (D) de ces deux stocks — 90D et 60D — sont aussi sérologiquement distincts et contrôlés par une paire d'allèles, d^{90} et d^{60}. Les allèles d, de plus, se trouvent sur les chromosomes à des places différentes de celles des allèles g.

La spécificité antigénique dépend donc de la qualité de l'allèle présent en un lieu déterminé

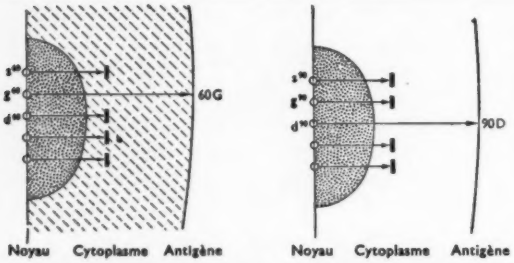


FIGURE 3 – *Représentation schématique de l'interaction entre gènes et cytoplasme aboutissant à la formation des types antigéniques 60G et 90D. Le cytoplasme hachuré représente «l'état G», le cytoplasme non hachuré «l'état D».*

chez la Paramécie. Pour chaque type antigénique — D, G, S, etc. — on a pu apporter la preuve qu'il existe une série correspondante d'allèles multiples *d*, *g*, *s*, etc. situés à des loci différents. Chaque animal possède un allèle particulier à chacun de ces trois (ou plus) loci géniques.

Malgré la présence simultanée de gènes aux différents loci, un animal d'un stock donné manifeste seulement un type antigénique unique, excepté les hétérozygotes qui résultent du croisement d'animaux de deux stocks différents; chacun de ces individus possède généralement deux antigènes simultanément. En général, une Paramécie contient des antigènes de type G ou de type D mais pas les deux en même temps. Malgré la présence de gènes aux trois loci (*d*, *g*, *s*), seul un des trois gènes s'exprime, c'est-à-dire influence le phénotype. C'est le cytoplasme qui détermine quel est celui des trois gènes qui s'exprime. On peut le montrer en réalisant des croisements de type 90D × 60G c'est-à-dire entre animaux qui diffèrent à la fois génétiquement et cytoplasmiquement. La figure 2 représente schématiquement les résultats d'un tel croisement. On doit d'ailleurs noter que, les modifications du milieu provoquant rapidement des passages cytoplasmiques d'un état à un autre, l'état final montré par la figure 2 n'est pas définitif. En faisant varier la température, on peut amener les Paramécies issues de l'un quelconque des conjugants à former des antigènes de type soit D, soit G, soit même S.

Pour résumer cette situation complexe, nous pouvons dire que toute Paramécie de chaque stock contient au moins trois gènes (et probablement plus) dont chaque stock a ses allèles caractéristiques lui conférant une spécificité antigénique. De plus, chaque animal possède un cytoplasme d'un type particulier, mais celui-ci (contrairement aux gènes) peut subir facilement des modifications réversibles sous l'action du milieu. Finalement, le type de cytoplasme détermine quel est celui des trois gènes (ou plus) présents dans le noyau qui agira (figure 3).

CONCLUSION

Il est séduisant de tirer des conclusions de portée générale des deux systèmes héréditaires que nous venons de décrire — le système killer et le système antigénique. Ces deux systèmes démontrent l'importance et du noyau et du cytoplasme dans la détermination des caractères héréditaires. De plus, les deux systèmes, mais surtout le système antigénique, peuvent nous fournir un modèle de la différenciation cellulaire dans les organismes multicellulaires. Les généticiens cherchent depuis longtemps une explication au fait que les cellules d'un animal ou d'une plante, pourvues toutes (ou presque toutes) du même stock de gènes, diffèrent profondément entre elles. On a pris l'habitude de supposer, à titre d'hypothèse, que ces différences entre cellules d'un même organisme proviennent du cytoplasme mais on ne pouvait apporter que très peu d'arguments en faveur de cette hypothèse ou contre elle.

Les deux modèles que nous fournit la Paramécie nous permettent d'être un peu plus précis. Sur la base du système des antigènes nous pouvons supposer que toute cellule d'un organisme multicellulaire contient un grand nombre de gènes dont seule une faible partie influe sur le déroulement des phénomènes dans cette cellule. C'est l'état du cytoplasme dans cette cellule qui sélectionne cette petite proportion de gènes. Dans d'autres cellules, l'état du cytoplasme peut être tout différent, et donc appeler à l'action des gènes tout différents. L'état du cytoplasme est, au moins partiellement, contrôlé par le milieu. Ainsi les différentes cellules se développent dans des directions différentes par suite d'une interaction complexe du milieu et de facteurs géniques et cytoplasmiques.

BIBLIOGRAPHIE

[1] SONNEBORN, T. M. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.*, **23**, 378, 1937.
[2] *Idem. Amer. Nat.*, **73**, 390, 1939.
[3] DIPPELL, R. V. *Heredity*, **4**, 165, 1950.
[4] PREER, J. P. *Genetics*, **35**, 344, 1950.
[5] SONNEBORN, T. M. *Amer. Nat.*, **82**, 26, 1948.
[6] CHAO, P. K. *Proc. nat. Acad. Sci., Wash.*, **39**, 103, 1953.
[7] LWOFF, A. *Endeavour*, **11**, 72 et 132, 1952.
[8] SONNEBORN, T. M. *Heredity*, **4**, 11, 1950.
[9] BEALE, G. H. *Genetics*, **37**, 62, 1952.
[10] SONNEBORN, T. M. et LE SUER, A. *Amer. Nat.*, **82**, 69, 1948.

Couleurs d'irradiation des minéraux

par KARL PRZIBRAM

Le problème fascinant de l'origine des couleurs dans les cristaux naturels semble pratiquement résolu. Les expériences faites par l'auteur et ses collaborateurs sur le sel gemme et la fluorine confirment l'hypothèse formulée il y a près d'un demi-siècle selon laquelle la polychromie de ces minéraux s'explique par des effets d'irradiation. Ces expériences ont en outre mis en évidence l'influence des irrégularités du réseau cristallin, de la chaleur et de la pression sur la coloration des cristaux.

Les roches de la croûte terrestre nous racontent le passé géologique de la terre. Un aspect de cette histoire se révèle progressivement par l'étude des couleurs de certains minéraux. On admet depuis longtemps que certains minéraux colorés, comme le sel gemme bleu [1], ou les fluorines multicolores [2] doivent leur couleur à des phénomènes radioactifs. Il est donc naturel d'étudier les effets de ce rayonnement sur les cristaux incolores.

Le sel gemme incolore exposé au rayonnement du radium, devient jaune (figure 1(*a*)); mais cette coloration est instable, et disparaît rapidement par chauffage entre 200 et 300°. Après une irradiation assez intense, il y a passage du jaune au violet bleuâtre (figure 1(*b*)) si l'on a porté avec soin la température de l'échantillon à environ 200°. De même, le jaune se change en une teinte grisâtre par stationnement prolongé à l'obscurité, ou, sensiblement plus vite, par exposition à la lumière du jour (figure 1(*c*)).

On a d'abord proposé le mécanisme suivant: absorption d'un quantum d'irradiation par un ion chlore du sel gemme, puis perte d'un électron au profit d'un ion sodium, transformé alors en atome neutre. Ceci expliquerait l'absorption lumineuse et la coloration consécutive. Avec la mécanique quantique, et la reconnaissance des lacunes invariablement présentes dans les réseaux cristallins, une interprétation nouvelle devient possible [3]: le centre coloré (centre F), qui est à l'origine de la couleur jaune, dans le cas du sel gemme, est un électron prisonnier dans une lacune anionique, c'est-à-dire une maille du réseau où manque un ion chlore.

La coloration serait donc due à une perturbation du réseau cristallin. C'est ce que confirme l'étude du sel gemme comprimé. Une dose de rayonnement suffisante pour colorer en jaune le sel non comprimé rend presque noir le sel comprimé (figure 1(*d*)) [4]. Cette perturbation ne peut progresser que jusqu'à une limite optimum, et, à très haute pression, la tendance à changer de couleur décroît. Le noircissement ne vient pas simplement d'un assombrissement du jaune: il y a une absorption plus grande dans le jaune et le rouge, qui, seule, entraînerait des teintes violettes et bleues, semblables à celles obtenues par chauffage du sel jaune non comprimé. En fait, si on détruit par illumination les centres F, producteurs de jaune, la couleur sombre du sel comprimé se change en bleu (figure 2(*a*)). Parfois, dans un échantillon bleu conservé assez longtemps, on voit apparaître des aires plus claires qui s'étendent rapidement (figure 2(*a*)). On a montré par diverses méthodes que ceci est dû à un rajustement du réseau perturbé, c'est-à-dire, à une recristallisation. Cette observation est d'ailleurs le fondement d'une méthode excellente pour étudier la recristallisation du sel gemme comprimé [5].

Après les recherches classiques de Siedentopf à l'ultramicroscope, on attribuait la couleur bleue du sel gemme à la présence de particules de sodium colloïdal. On a établi maintenant avec certitude que certaines des teintes bleues et violettes du sel gemme ne sont pas de nature ultramicroscopique, mais sont dues à la présence d'électrons en des centres de perturbation plus profonde du réseau (centres M et R) [6].

Pour pouvoir affirmer que la couleur naturelle d'un minéral est d'origine radioactive, il faut s'assurer que les conditions suivantes sont remplies:

1. Un chauffage modéré doit faire disparaître la couleur entre 200 et 300°.
2. La disparition de la couleur s'accompagne fréquemment de thermoluminescence. Une partie de l'énergie emmagasinée lors de l'irradiation se dégage sous forme lumineuse.
3. La couleur naturelle doit être en rapport avec celle que l'on obtient par irradiation du minéral incolore.

On a même parfois dit qu'il fallait obtenir la

coloration dans des conditions identiques aux conditions naturelles. Ceci semble exagéré, surtout si l'on songe à la durée immense du phénomène naturel. Au laboratoire, on ne peut obtenir la couleur bleue du sel gemme que par chauffage ou par illumination, alors que, dans les dépôts de sel, elle s'est formée à l'obscurité et à basse température, mais cela ne peut être un argument contre son origine radioactive. Il semble tout-à-fait possible qu'un stationnement prolongé à l'obscurité amène la disparition des centres F, avec le changement consécutif du gris au bleu. Les centres producteurs de bleu sont plus stables que les centres producteurs de jaune. Dans les conditions naturelles, le rayonnement à faible intensité qui agit dans la croûte terrestre devrait produire de préférence les centres les plus stables.

On a voulu voir dans l'absence du jaune primaire à l'état naturel un argument contre le mécanisme d'irradiation: la découverte à Hall, dans le Tyrol, par Schauberger [7], de sel gemme jaune a finalement levé les doutes possibles. Ce sel se comporte comme le sel jaune obtenu par irradiation, et son maximum d'absorption se situe à la même longueur d'onde de 4600 Å. On a retrouvé depuis ce sel en d'autres localités, mais il est plus rare, ce qui s'accorde avec la condition d'une faible stabilité. Le troisième critère s'énonce aujourd'hui sous une forme plus rigoureuse: le maximum d'absorption doit se trouver à la même longueur d'onde, comme dans le cas du sel gemme jaune.

Les trois conditions sont également remplies dans le cas des sels gemmes violet ou bleu. Ils perdent leur couleur au chauffage, parfois avec thermoluminescence. Des recherches récentes [8] indiquent que la coloration violette du sel gemme n'est pas essentiellement due à des particules colloïdales. Le maximum d'absorption de ce sel violet naturel se trouve à 5800 Å, comme dans le cas du sel violet obtenu par irradiation et chauffage. Dans le sel bleu qui doit sa couleur à des particules colloïdales le maximum d'absorption varie, suivant les dimensions des particules, entre 6300 et 6800 Å. On retrouve les mêmes maxima sur le sel bleu préparé par chauffage dans la vapeur de sodium. On peut aussi obtenir la couleur bleue colloïdale par une irradiation concentrée aux rayons cathodiques, à haute température [9], mais c'est là une méthode plus difficile. Son existence naturelle est peut-être due à des impuretés favorisant la formation de colloïdes; sans doute la durée prolongée des phénomènes naturels en est-elle aussi responsable.

On peut alors se demander si les faibles quantités de composés radioactifs naturels sont assez efficaces pour produire les couleurs des minéraux. L'examen préalable du sel gemme et de la fluorine [10], semble apporter provisoirement une réponse positive. Le sel gemme contient de l'uranium, du radium, du potassium à rayonnement β, et enfin, une certaine quantité d'hélium, dont Hahn [11] a ainsi expliqué l'origine: au Tertiaire, il y a eu recristallisation de dépôts salins à grande profondeur, en présence d'eau fortement radioactive qui contenait du radon. Le plomb et son isotope radioactif RaD contenus dans cette eau ont précipité en même temps que le sel gemme, et surtout, la sylvine (KCl). Le RaD s'est transformé en polonium à rayonnement α qui s'est désintégré depuis longtemps comme son parent RaD. Cependant les particules α émises se sont conservées dans le sel gemme à l'état d'atomes d'hélium. L'auteur a publié ailleurs [10] le calcul de la variation d'énergie au cours de ce processus. Les teintes jaunes ou violettes des minéraux peuvent être dues à l'une quelconque de ces sources de rayonnement; toutefois le bleu n'a pu provenir de la présence de radium et d'uranium.

Somme toute, l'hypothèse de Hahn nous semble acceptable. Nous admettrons en plus qu'il doit y avoir eu des impuretés, ou d'autres anomalies, pour expliquer la sensibilité particulière du sel gemme coloré, et aussi le fait que tout sel gemme n'est pas coloré, bien que les teneurs en composés radioactifs des sels gemmes colorés ou incolores ne soient pas notablement différentes. Quant à la fluorine, sa teneur en uranium et radium est suffisante pour expliquer sa coloration.

On voit sur les figures 2(*b*) et 2(*c*) deux échantillons de sel gemme bleu de Stassfurt. Dans le premier, le sel bleu se trouve à la zone de contact entre sel gemme incolore et sylvine; cette association du sel gemme bleu à la sylvine est assez fréquente; elle est probablement en relation avec la recristallisation secondaire; sur la figure 2(*c*), c'est un cristal de sel gemme, bleu noir, entouré par un sel plus clair d'origine plus récente. La face de clivage dentelée du sel bleu sombre est l'indication d'une déformation plastique, qui, nous l'avons déjà dit, favorise la coloration.

Le sel gemme violet, trouvé dans le puits de Grimberg, à Heringen dans la région de Werra, est particulièrement intéressant (figures 3(*a*) et 3(*b*)). La coloration y apparaît en bandes parallèles aux faces du cube, ce qui montre clairement comment le cristal a grossi [12]. Si la croissance avait eu lieu à la même vitesse dans la direction

FIGURE 1 – *Echantillons de sel gemme coloré par le rayonnement du radium:* (a) *coloré récemment;* (b) *coloré en jaune à l'origine et devenu bleu au chauffage;* (c) *coloré en jaune à l'origine et devenu gris avec le temps;* (d) *cristal comprimé, coloré en brun sombre et passé au bleu sombre sous l'effet de la lumière.* (× 1,5)

FIGURE 2 – (*a*) *Sel gemme comprimé, coloré artificiellement, et partiellement recristallisé;* (b) *zone de contact bleue entre le sel gemme incolore et la sylvine incolore (Stassfurt);* (c) *sel gemme bleu de Stassfurt, avec une coloration plus ou moins intense.* ((a) × 1,5; (b) *et* (c) × 0,2)

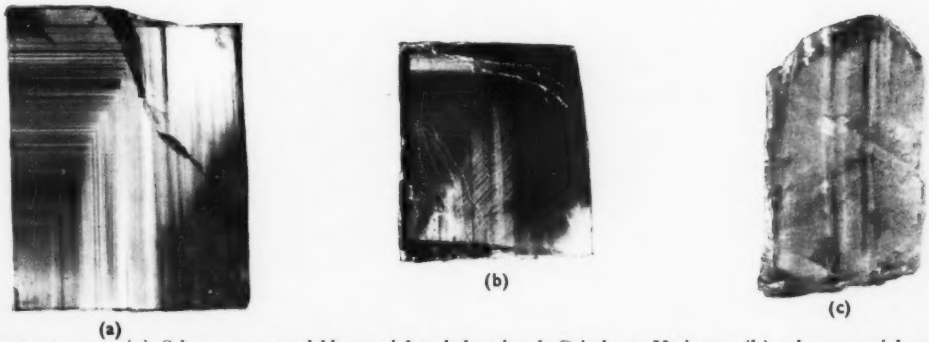


FIGURE 3 – (a) *Sel gemme naturel bleu et violet, de la mine de Grimberg, Heringen;* (b) *sel gemme violet naturel de la même; coloration plus intense des parties qui ont poussé plus vite, lignes plus sombres le long des plans de glissement rhombododécaédriques;* (c) *fluorine de Pe-Shan (Chine).* ((a) × 1,5; (b) *et* (c) × 0,5)

des deux axes, la diagonale reliant les sommets des zones de croissance colorées serait inclinée à 45° sur les faces du cube. Ce n'est pas le cas, donc la croissance a dû se produire plus rapidement dans la direction de l'axe qui fait le plus petit angle avec la diagonale. De plus, la direction de croissance change parfois brusquement, pour des raisons inconnues, et on peut mettre en évidence une relation intéressante: la pyramide formée au cours d'une croissance plus rapide est en général plus sombre, et plus bleuâtre, que celle qui se forme plus lentement; ceci indique qu'une vitesse de croissance accrue entraîne plus de perturbations dans le réseau, et donc plus d'aptitude à la coloration. On peut observer les mêmes zones de croissance sur un cristal de sel gemme coloré en bleu par irradiation et chauffage; c'est une méthode d'étude de la croissance des cristaux incolores. On a reconnu ainsi que dans les longs cristaux prismatiques de Wieliczka, la croissance latérale s'arrêtait parfois complètement, et seule la base s'avançait. On n'a encore pu proposer aucune explication satisfaisante de ce comportement bizarre.

Les bandes sombres, que l'on voit fréquemment dans le sel gemme bleu, inclinées à 45° sur les faces du cube sont les traces des plans de glissement rhombododécaédriques. Ils sont plus fortement perturbés, donc leur couleur est plus foncée (figure 3(*b*)).

Les colorations de la fluorine sont encore plus variées. C'est le premier minéral sur lequel on a pu reproduire artificiellement une coloration naturelle. C'est en 1830 que Pearsall [13], un des assistants de Faraday à la *Royal Institution* a obtenu des teintes roses ou bleuâtres dans de la fluorine incolore sous l'effet de l'étincelle d'une bouteille de Leyde. La cause en était probablement le rayonnement ultra-violet de faible longueur d'onde. Pearsall pensait que la coloration naturelle avait une origine électrique. Cette idée, venue bien avant la découverte de la radioactivité, se rapproche étonnamment de l'interprétation moderne, qui attribue les couleurs d'irradiation naturelles à l'influence de rayonnements corpusculaires (rayons α et β).

Les conditons énumérées ci-dessus sont remplies le plus souvent dans le cas des fluorines: elles se décolorent facilement, et présentent une thermoluminescence brillante (connue depuis longtemps); les couleurs d'irradiations correspondent aux couleurs naturelles.

En comparant les spectres d'absorption de 20 fluorines différentes, partie à l'état naturel, partie après irradiation [14], on a révélé des maxima aux longueurs d'onde suivantes: 3350, 3600, 3700, 3850, 4000, 4100, 4300, 4500, 4700, 5000, 5250, 5500, 5800, 6000, 6250, 6400 Å. L'auteur et ses collaborateurs [15] ont pu rattacher la fluorescence bleue bien connue de la fluorine à la présence d'europium divalent, et une bande fluorescente rouge à la présence de samarium divalent. L'auteur pensait que les ions divalents des terres rares devaient aussi influer sur le pouvoir absorbant des fluorines, et qu'ils pouvaient bien être à l'origine des maxima entre 3600 et 3850 Å, aussi bien qu'à 4300, 4500 et 4700 Å. Des observations récentes ont partiellement confirmé ce point de vue. Freed et Katcoff [16] ont découvert un maximum d'absorption pour Eu^{++} dans $SrCl_2$ à 3890 Å; Butement [17] a trouvé des maxima pour Sm^{++} dans $SrCl_2$ à 3560, 3770, 4120 et 4800 Å, et dans NaCl à 3570, 3780, 4120 et 4700 Å. D'après ces résultats, il faudrait attribuer le maximum de la fluorine à 3850 Å à Eu^{++}, et ceux de 3600, 3700, 4100 et 4700 Å à Sm^{++}. Mais par ailleurs, Smakula [18] a trouvé des maxima d'absorption à 3350, 4000 et 5800 Å dans du CaF_2 synthétique très pur après irradiation aux rayons X. On peut les attribuer aux centres de couleur du composé fondamental. Comme on l'a vu plus haut, on trouve les mêmes maxima dans les spectres d'absorption des fluorines naturelles. Les maxima à 4300, 4500, 5000, 5250, 5500, 6000 Å et au-delà restent inexpliqués.

Les maxima aux grandes longueurs d'onde sont parfois dus à des colorations colloïdales. Cependant, la coloration bleu profond de nombreuses fluorines après irradiation ne peut être d'origine colloïdale, car il n'y a jamais d'effet Tyndall. Il est probable que les spectres terminaux des centres de CaF_2 se révéleront encore plus complexes, et les maxima aux grandes longueurs d'onde trouveront leur cause dans des centres de perturbation plus intense. D'autres ions de métaux lourds sont peut-être en cause. Un autre point reste encore à expliquer complètement: suivant le type de fluorine, l'un ou l'autre des maxima est plus apparent. C'est l'origine de la variété infinie des couleurs, et on peut l'attribuer en partie aux terres rares, dont toutes les fluorines contiennent des traces. Leur distribution est assez irrégulière, même dans un cristal unique. On a établi que des cristaux, ou des couches cristallines, à teneur relativement élevée en samarium prennent rapidement une coloration bleu profond à l'irradiation. Ainsi le samarium accroît-il la sensibilité, car sous l'effet de l'irradiation, il passe sous la forme divalente

instable; celle-ci perd aisément son électron de trop, qui sert alors à la formation d'un centre de couleur. Steinmetz [19] avait déjà remarqué la sensibilité accrue communiquée à la fluorine par les inclusions de sulfure.

L'échantillon de fluorine de la figure 3(*c*) vient de Pe-Shan (Chine). On y remarque la distribution irrégulière de la couleur, avec des bandes violettes sur fond vert. Les zones vertes présentent une fluorescence bleuâtre plus intense que les bandes violettes, ce qui indique leur teneur plus élevée en europium divalent; on a pu montrer que la différence n'était pas due à une absorption inégale de la lumière.

Dans le cas de la fluorine joue également le principe de sélection naturelle de la configuration la plus stable. On trouve très rarement dans la nature le bleu pur fréquemment obtenu par irradiation; il se transforme graduellement en une teinte violette plus stable, souvent observée sur les échantillons naturels. On trouve aussi des indications de la relation déjà mentionnée entre coloration et perturbation du réseau: la fluorine verte devient violette par compression, phénomène pour lequel l'auteur propose le nom de piézochromie [20].

Jusqu'à présent, on n'a guère étudié que le sel gemme ou la fluorine, mais il semble assez sûr qu'un certain nombre d'autres minéraux doivent leur couleur à des phénomènes radioactifs. Mentionnons seulement le quartz enfumé, l'améthyste, et le mica. Les inclusions radioactives dans le mica produisent des halos pléochroïques, dus aux rayons α, ce qui montre qu'il y a possibilité de coloration par irradiation. Il reste encore beaucoup à faire dans ce domaine.

Les minéraux que l'on voit sur les illustrations font partie de la collection de l'Institut de Recherches Radiologiques de l'Académie des Sciences d'Autriche. La fluorine de Pe-Shan de la figure 3(*c*) est un don du professeur Iimori de Tokyo.

Le lecteur pourra aussi consulter l'ouvrage de l'auteur, *Verfärbung und Lumineszenz*, Springer, Vienne, 1953.

BIBLIOGRAPHIE

[1] SIEDENTOPF, H. *Phyz. Z.*, **6**, 855, 1905.

[2] BERTHELOT, M. *C.R. Acad. Sci., Paris*, **143**, 477, 1906.

[3] DE BOER, J. H. *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, **56**, 301, 1937.

[4] PRZIBRAM, K. *S.B. öst. Akad. Wiss.*, IIa, **136**, 43, 435, 1927.

[5] *Idem. Ibid.*, IIa, **138**, 353, 1929; **139**, 255, 1930; **141**, 639, 1932; **142**, 251, 1933.

[6] SEITZ, F. *Rev. mod. Phys.*, **18**, 384, 1946.

[7] SCHAUBERGER, O. *Berg- u. hüttenm. Jb.*, **83**, 115, 1935.
PRZIBRAM, K. et SCHAUBERGER, O. *Anz. öst. Akad. Wiss.*, 12 Déc., p. 273, 1935.
Idem. Nature, Lond., **137**, 107, 1936.

[8] ADLER, N. *Acta phys. austr.*, **4**, 71, 1950.

[9] PATER, M. «Über die Verfärbung von Alkalihalogenidkristallen mit Elektronen von 5 bis 15 keV». Diss. Wien, 1951. Remarque sur cette publication: PRZIBRAM, K. *Z. Phys.*, **134**, Fasc. 4, 1953.

[10] PRZIBRAM, K. *Acta phys. austr.*, **1**, 131, 1947.
Idem. Geochim. et Cosmoch. Acta, **1**, 299, 1951.

[11] HAHN, O. *Naturwissenschaften*, **20**, 86, 1932.
HAHN, O. et BORN, H. J. *Ibid.*, **23**, 739, 1935.
BORN, H. J. *Ibid.*, **24**, 73, 1936.
Idem. Kali, 41, 1936.

[12] PRZIBRAM, K. *S.B. öst. Akad. Wiss.*, IIa, **143**, 489, 1934.

[13] PEARSALL, T. J. *J. roy. Instn G.B.*, **1**, 77, 267, 1830–1.

[14] PZRIBRAM, K. *Miner. petrogr. Mitt.*, **3**, 21, 1952.

[15] HABERLANDT, H., KARLIK, BERTA, et PRZIBRAM, K. *Anz. öst. Akad. Wiss.*, 7 Déc., p. 301, 1933.
Idem. S.B. öst. Akad. Wiss., IIa, **143**, 151, 1934.
KARLIK, BERTA, et PRZIBRAM, K. *Ibid.* IIa, **146**, 209, 1937.

[16] FREED, S. et KATCOFF, S. *Physica, Eindhoven*, **14**, 17, 1948.

[17] BUTEMENT, F. D. S. *Trans. Faraday Soc.*, **44**, 617, 1948.

[18] SMAKULA, A. *Phys. Rev.*, **77**, 408, 1950. LÜTY, F. a donné une autre interprétation en *Z. Phys.*, **134**, 596, 1953.

[19] STEINMETZ, H. *Z. Kristallogr.*, **58**, 330, 1923; **61**, 380, 1925.

[20] PRZIBRAM, K. *S.B. öst. Akad. Wiss.*, IIa, **138**, 263, 1929.

Les chélicères des Araignées: leur évolution et leurs fonctions

par W. S. BRISTOWE

L'étude des fossiles a révélé que depuis les temps les plus reculés les Arachnides ont possédé des chélicères. Cet organe a subi des modifications diverses selon les espèces, dues sans aucun doute à des nécessités d'adaptation à de nouvelles conditions de vie. L'auteur décrit quelques-unes des multiples fonctions des chélicères des Araignées et signale chemin faisant des caractères acquis par cet organe au cours de l'évolution de certaines espèces.

La classe des Arachnides comprend de nombreux ordres: Aranéides (Araignées), Scorpions, Palpigrades, Phalangides, Pseudoscorpions, Solifuges, Ricinuléides, Acariens, Uropyges, Amblypyges et plusieurs ordres éteints. La plupart de ces ordres existaient déjà au Carbonifère et nous ne possédons que peu de clarté sur leurs ancêtres plus lointains ou leurs affinités.

Aussi loin que l'on remonte, on peut noter que presque tous les ordres éteints ou actuels portent sur la tête des appendices en pinces, appelés chélicères, mais celles des araignées sont construites sur un plan particulier. Chez les araignées, chaque chélicère se compose de deux segments. L'article basal est épais et dur; il contient la glande à venin en partie ou totalité, et possède une mobilité restreinte, latérale ou de haut en bas. Le crochet articule à son extrémité apicale et se présente comme une aiguille courbe ou une épine acérée comportant près de son extrémité une minuscule ouverture par laquelle le venin est émis. Au repos, le crochet se replie en arrière sous la face inférieure ou contre la face interne du segment basal, souvent dans une gouttière bordée de dents.

On rencontre des chélicères analogues dans l'ordre éteint des *Trigonotarbi* (faisant anciennement partie des *Anthrocomarti*), et chez les Uropyges et Amblypyges actuels, réunis autrefois dans l'ordre des Pédipalpes [12]. Bien que les araignées et les *Trigonotarbi* remontent au Dévonien [6] et quelques Pédipalpes au Carbonifère, il semble certain que ce type de chélicères dérive d'une forme en pince. Il n'est pas difficile de montrer comment le passage s'est réalisé (figure 1). La grande dent de l'article basal d'une chélicère de Pholcide ou de Scytode est, selon moi, l'homologue du doigt fixe de la pince. Si quelques arachnologues peuvent plaider que l'aspect de pince constitue plutôt un accident qu'une survivance, on peut faire remarquer que les organes sexuels des Scytodes et de quelques Pholcides ne diffèrent que très peu de ceux que l'on attribue aux araignées au début de leur évolution; les plaques épigastriques présentées par quelques espèces des deux familles pouvant bien être des vestiges de plaques segmentaires. De plus, nous verrons ci-dessous que les chélicères des Pholcides remplissent une fonction inaccoutumée qui était peut-être normale chez leurs ancêtres éloignés.

En venant à la classification des araignées, nous constatons que tous les auteurs reconnaissent deux sous-ordres: Mygalomorphes et Aranéomorphes (Arachnomorphes). Certains reconnaissent aussi comme sous-ordres distincts les Liphistiomorphes et les Hypochilomorphes, mais ces auteurs acceptent tous les affinités qui relient les premières aux Mygalomorphes et les Hypochilomorphes aux Aranéomorphes. Si nous nous en tenons ici à seulement deux subdivisions de l'ordre, la forme des chélicères va nous fournir une caractéristique constante permettant de les distinguer clairement et aisément. Dans ce que l'on peut appeler le type mygalomorphe, les articles basaux sont dirigés vers l'avant et les crochets se replient vers le bas en direction approximativement verticale. Dans le type aranéomorphe, les articles basaux sont ordinairement inclinés vers le bas, souvent verticaux, tandis que les crochets se meuvent latéralement l'un vers l'autre et vers l'extérieur (figure 2).

Ces deux types se rencontrent très tôt dans l'histoire des araignées, certainement dès le Carbonifère, si bien qu'il est difficile de savoir lequel est antérieur à l'autre. L'orientation des chélicères en pinces des autres ordres ne fournit pas de réponse. Il est cependant significatif que les *Trigonotarbi* dévoniens ainsi que les Uropyges et les Amblypyges aient tous le type mygalomorphe.

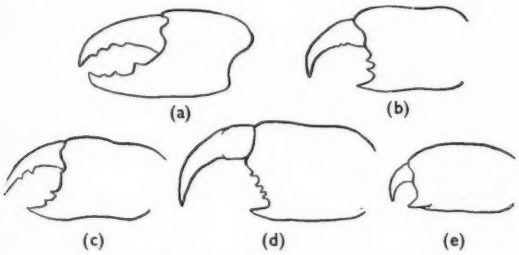


FIGURE 1 – *Chélicères de* (a) *Scorpions*, (b) *Uropyges*, (c) *Amblypyges* (d) Trigonotarbi *fossiles, et* (e) *d'une araignée Pholcide.*

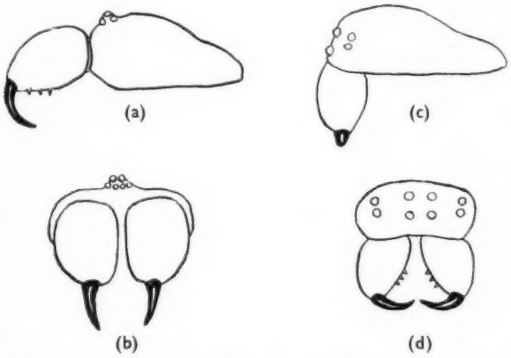


FIGURE 2 – *L'orientation des chélicères des araignées Mygalomorphes* (a) *et* (b) *de côté et de face;* (c) *et* (d) *cette orientation pour les Aranéomorphes.*

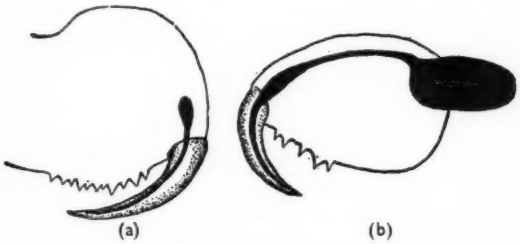


FIGURE 3 – *Glandes à venin* (*en noir*) (a) *d'un* Liphistius *primitif et* (b) *d'une araignée Aranéomorphe typique.*

Il est probable que les quatre ordres ont un ancêtre commun chez lequel des chélicères analogues à celles des araignées de type mygalomorphe sont apparues au Dévonien ou antérieurement. Plus tard, au Carbonifère, quand les Insectes commencent à acquérir des ailes, le type aranéomorphe apparaît par torsion de l'article basal à la suite de l'abandon de l'habitat au sol et de l'apparition des pièges de soie sur lesquels ce type devait être plus efficace pour saisir les proies. Le pouvoir pénétrant des crochets de type mygalomorphe est en effet plus grand lorsque la victime se trouve sur un sol solide que si l'araignée et sa victime sont suspendues à des fils élastiques.

Bien que l'aspect extérieur des chélicères des Uropyges et des Amblypyges soit analogue à celui des chélicères d'araignées, seules ces dernières possèdent des glandes à venin. Nos araignées vivantes les plus primitives appartiennent à la famille des *Liphistiidae* dont l'apparence externe rappelle beaucoup celle de certaines araignées du Carbonifère. Dans le genre *Heptathela*, il peut ne pas y avoir de glandes à venin et elles sont très petites dans le genre *Liphistius* (figure 3) [2].

Des observations portant sur cinq espèces de Scytodes faites en Malaisie et en Angleterre [1] on confirmé la découverte [9, 10] que ces araignées projettent une gomme sur les insectes à une distance de 5 à 12 mm. Sous le microscope, cette gomme se présente sous forme d'une double série de fils parallèles qui retiennent l'insecte comme s'il était pris dans un filet. Autant que l'œil puisse distinguer, l'opération se fait d'un seul coup, il est cependant évident que les chélicères présentent des oscillations rapides au moment où la gomme est éjectée de l'extrémité des crochets. De grosses glandes productrices de gomme sont nécessaires, demandant un espace supplémentaire dans le céphalothorax, d'où le céphalothorax en dôme si caractéristique des Scytodes (figure 5).

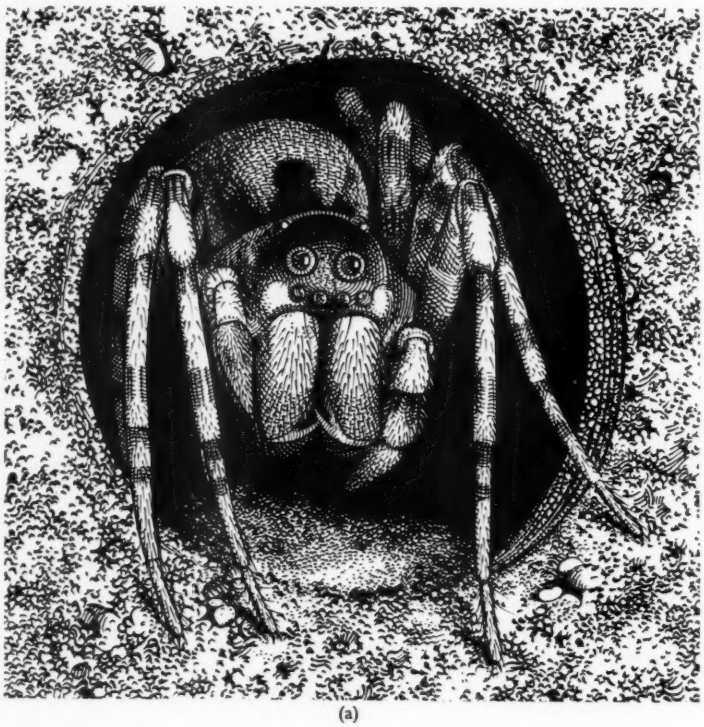
La carapace dorsale des cloportes (*Oniscoidea*) leur sert de protection contre la plupart des araignées qui chassent. De plus, leurs sécrétions glandulaires les rendent désagréables au goût de beaucoup d'araignées [3]. Quelques espèces de cloportes fournissent pourtant une part importante de la nourriture de *Dysdera crocata* en Angleterre. C'est un chasseur nocturne lent qui vit sous les pierres. Les arthropodes plus actifs que les cloportes peuvent souvent lui échapper, ce qui le contraint à se reporter largement sur les cloportes pour éviter la famine. Les chélicères de *Dysdera* sont, et peut-être sont devenues, spécialement bien adaptées à la chasse des cloportes. Elles sont exceptionnellement larges et puissantes et en inclinant le céphalothorax de côté, l'animal place un crochet sous le cloporte et l'autre dessus; l'un des crochets pénètre facilement la surface ventrale molle, l'autre étant appliqué contre la carapace dorsale (figure 6).

Les dents qui arment l'article basal peuvent servir à protéger les crochets au repos, mais je ne peux citer aucune référence précise sur leur rôle principal. Celui-ci est d'aider dans la macération des proies à corps mou de manière à faciliter l'expression des liquides de la proie que l'araignée

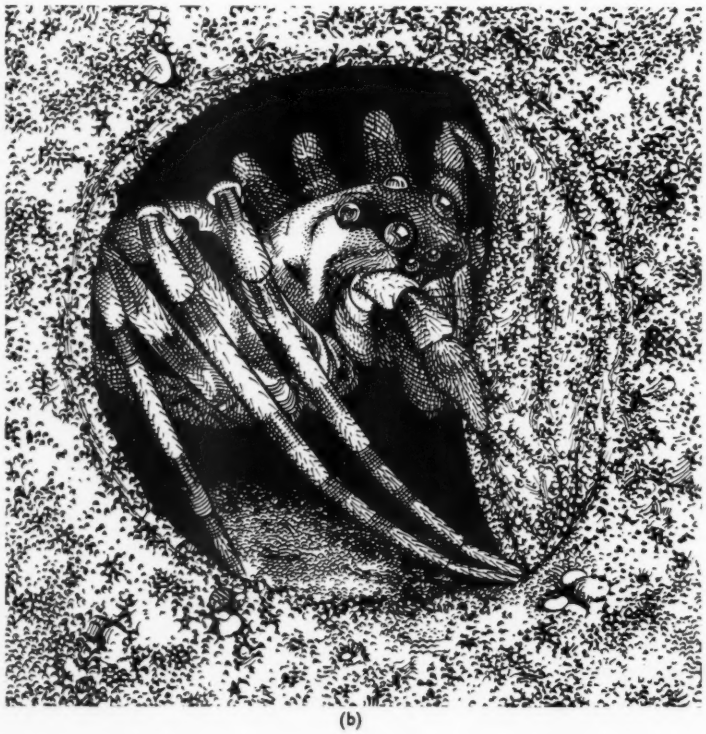
doit sucer. La contraction des muscles moteurs du crochet presse le corps des insectes sur les dents, exerçant une action similaire à celle de la pince ancestrale. Les dents aiguës traversent la paroi du corps des insectes et aident à les réduire en une boulette pulpeuse. Une serrula ou série de petites dents placées sur le bord des maxilles contribue aussi à ce résultat.

Quelques familles d'araignées n'ont pas de dents sur les articles basaux de leurs chélicères; ces araignées ne mâchent pas leurs proies. L'insecte est vidé complètement par les minuscules piqûres faites par les crochets, il garde encore son aspect extérieur au point de pouvoir fournir une pièce convenable de collection entomologique. Ces araignées ont ordinairement de petits crochets, et il est à noter qu'elles sont expertes à trouver les défauts de la carapace d'insectes très protégés comme les charançons (*Curculionidae*) dont la carapace défie la plupart des autres araignées. Sans se presser les araignées sans dents explorent la surface, trouvent les joints et insèrent leurs crochets.

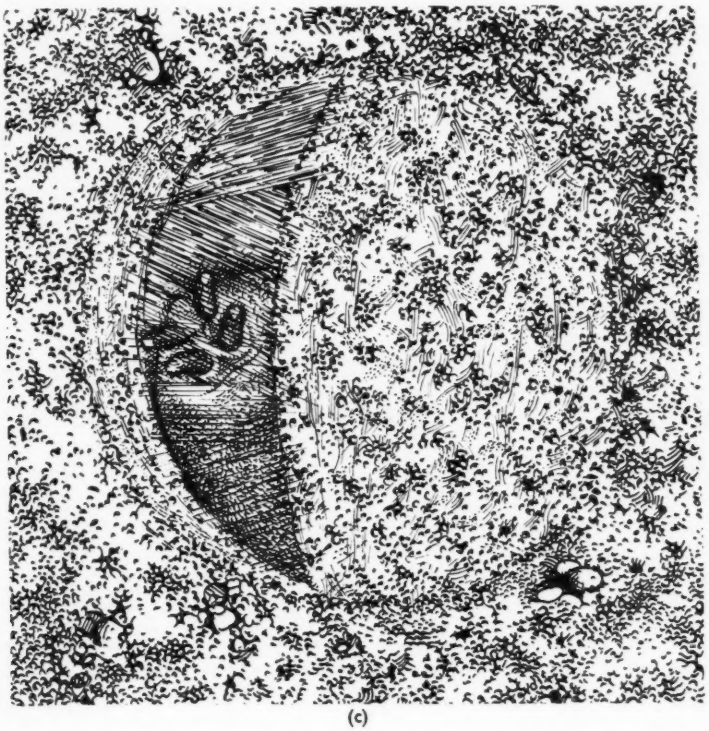
Les *Theridiidae* en fournissent un exemple; il n'est pas sans signification que dans les pièges construits par ces araignées souvent seules les parties basales des fils situées près du sol ou d'une autre surface d'attache soient pourvues de gomme. En d'autres termes, les pièges de beaucoup de *Theridiidae* sont spécialement destinés à la capture d'insectes marcheurs. Or, les insectes qui passent tout leur temps ou presque sur le sol sont plus souvent cuirassés que ceux qui passent la majeure partie de leur vie dans l'air, où le supplément de poids constitue un désavantage. Il est donc important pour un *Theridiidae* de pouvoir percer une carapace.



(a)



(b)



(c)

FIGURE 4 – (a), (b) *et* (c) Arctosa perita *tire le rebord de soie de son terrier de côté, à la manière d'un rideau quand elle est inquiétée et complète la fermeture en quelques mouvements de ses filières.*

Les *Thomisidae* dépourvues de dents peuvent aussi capturer des charançons que rejettent les Lycosides et autres araignées chasseuses. Cependant, les Thomisides trouvent un avantage tout à fait différent à ne pas mâcher leurs proies. Plusieurs espèces, dont celles appartenant aux genres *Misumena* et *Thomisus*, se cachent dans des fleurs de couleur assortie à celle de leur corps. En fait, la couleur de l'araignée s'adapte entre certaines limites à celle de la fleur — de jaune à blanc ou *vice-versa* — et ceci les rend peu visibles à leurs proies et aussi à leurs ennemis. L'insecte capturé sur la fleur continue à présenter l'aspect vivant pendant tout le temps où il est mangé, et souvent les naturalistes prennent un papillon ou un autre insecte dont une de ces araignées à allure de crabe est en train de faire son repas. Une boulette mâchée, ou un insecte dépecé, au contraire, attireraient l'attention sur l'araignée.

La bouche proprement dite des araignées s'ouvre derrière les chélicères. Il semble probable que la carène chitineuse qui borde le côté interne de l'article basal de quelques araignées contribue à contrôler l'écoulement des liquides venant de la bouche ou y allant. Les sucs digestifs sont injectés dans la proie, puis des liquides partiellement digérés sont pompés vers la bouche.

Les araignées de plusieurs familles creusent des galeries dans le sol; elles utilisent leurs chélicères pour ameublir la terre et la transporter à la surface. En Angleterre, une araignée du genre *Atypus* remonte la terre du sous-sol dans le tube de soie fermé qui dépasse de 5 à 8 cm au-dessus du sol, puis en revêt l'extérieur de grains de terre qu'elle fait passer à travers la paroi du tube à l'aide de ses longs crochets. Cette délicate opération, réalisée par les crochets, contribue au camouflage de la partie extérieure du tube.

Des espèces voisines de cet *Atypus*, vivant sous des climats plus chauds, ferment souvent leur terrier avec une trappe, très joliment montée sur charnière. Ce sont les crochets qui effectuent la construction de ces portes. Dans une espèce de Majorque le bord de la trappe circulaire présente une série d'échancrures qui s'adaptent exactement dans des cannelures du bord du terrier et j'ai pu observer l'araignée (*Nemesia* sp) en train de construire échancrures et cannelures une par une à l'aide de ses crochets. Certaines de ces araignées à trappes ont acquis un rastellum ou râteau à l'apex de l'article basal de leurs chélicères, qui sert au creusement du terrier. Elles s'en servent pour râcler et déplacer la terre (figure 7).

La lycose anglaise, *Arctosa perita* Latr., creuse un terrier dans le sable et le tapisse de soie. Alertée, je l'ai vue saisir le bord de la doublure avec ses chélicères et la tirer d'un côté à l'autre à la manière d'un rideau. Elle se retourne alors rapidement et de quelques mouvements vigoureux en zig-zag de ses filières obture la dernière fissure (figure 4).

Les chélicères sont utilisées de diverses manières pour la construction des cocons à œufs. Ils contribuent à donner la forme de certains cocons, y incorporent de la boue pour les renforcer, servent à recouvrir l'extérieur de boue, comme chez

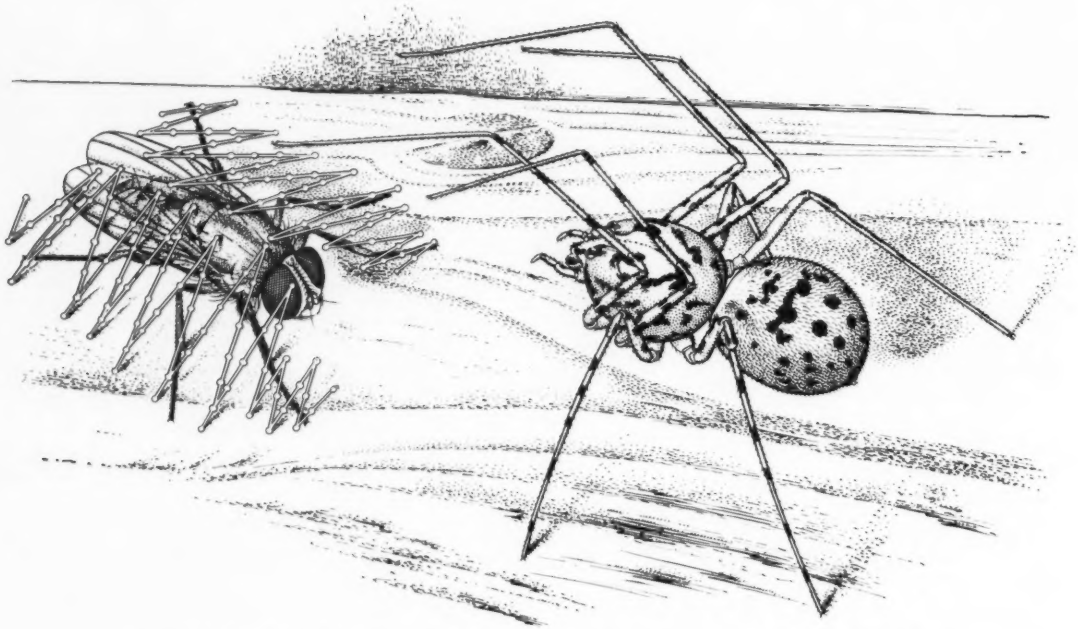


FIGURE 5 – Scytodes *capturant des insectes en projetant une gomme à l'aide de ses chélicères.*

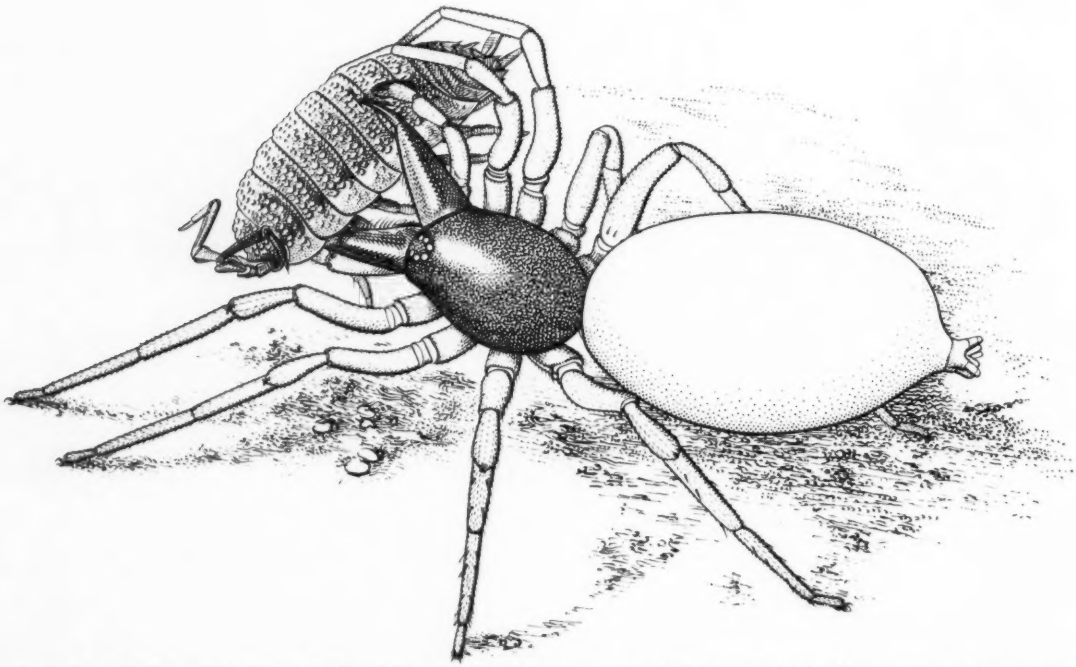


FIGURE 6 – *Les grands crochets des* Dysdera *sont peut-être spécialement adaptés pour saisir les cloportes et percer leur carapace.*

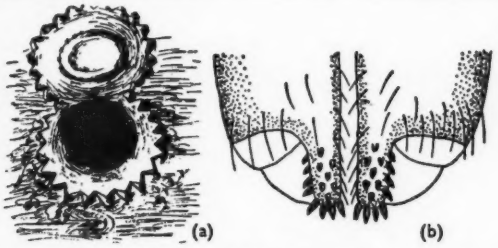


FIGURE 7 – (a) *Trappe échancrée d'une* Nemesia *non décrite de Majorque;* (b) *Rastellum de l'article basal des chélicères d'*Actinopus. (*D'après J. Millot.*)

l'*Agroeca* anglaise, et même à lui donner cet aspect de poli imperméable caractéristique du genre *Zelotes*. Nielsen [11] a décrit comment dans ce dernier cas les *Zelotes* tiennent dans leurs chélicères des grains de terre humidifiés de salive et les frottent rapidement sur la surface dans un mouvement de va-et-vient depuis le centre du cocon jusqu'au bord.

Les chélicères servent à arracher et couper les propres fils de l'araignée quand elle détruit un vieux piège pour en construire un nouveau, ou lors de l'aménagement de ce nouveau piège, par exemple, dans la construction du centre en anneau ouvert des toiles géométriques des *Tetragnatha* et des *Meta*. Le besoin de couper des fils ou des toiles se présente aussi dans d'autres occasions: citons le découpage occasionnel d'un trou dans une toile en nappe comme moyen le plus rapide de chasser un insecte qui se débat sur le mauvais côté de la toile (*Tegenaria*) ou d'un trou de sortie dans la paroi d'une cellule de soie close où l'araignée a passé une période de repos. Le crochet joue un grand rôle dans les opérations de ce genre et l'importance des dents semble avoir été sous-estimée.

Le cas d'*Atypus* est particulièrement intéressant. L'araignée vit dans un tube de soie clos et transperce les insectes de ses longs crochets à travers la paroi du tube. Enock a décrit [4, 5] comment elle étreint alors l'insecte contre le tube et bientôt après quelques tractions le fait passer à travers un trou net de la paroi du tube, mais la méthode employée pour percer le trou lui a échappé. L'examen des dents de l'article basal révèle pourtant l'effet de l'étreinte: elle pratique deux lignes de faible résistance dans la soie, formées chacune de onze ou douze perforations correspondant aux endroits où les dents ont percé la paroi du tube. Les tractions exercées ensuite font se rejoindre les perforations ouvrant deux fentes qui s'étendent vers les larges déchirures correspondant aux bases des crochets. Des tractions supplémentaires et des mouvements de scie complètent le découpage dans la paroi du tube d'une ouverture à travers laquelle l'araignée tire sa proie.

Cette disposition unique des dents en scie, se retrouve chez tous les *Atypidae*, et constitue manifestement une adaptation à leur mode de capture des proies à l'aide d'un tube clos (figure 8).

C'est un spectacle commun de voir une araignée passer les tarses et les métatarses de ses pattes dans ses chélicères qui en même temps semblent mâchonner. Ceci nettoie sans doute les pattes et aussi les enduit de liquides venus de la bouche. La brosse épaisse de soies dont sont pourvus la plupart des articles basaux joue un rôle dans cette opération.

L'appareil stridulant s'est réalisé indépendamment dans plusieurs familles différentes d'araignées. Dans certaines l'appareil s'est développé sur les chélicères, chez les autres il est situé entre le céphalothorax et l'abdomen.

Parfois les organes stridulants sont présents dans les deux sexes et l'araignée menacée s'en sert pour effrayer l'ennemi. Ailleurs ces organes ne se trouvent que chez le mâle qui les utilise dans la parade nuptiale. Ceci n'entraîne pas nécessairement que

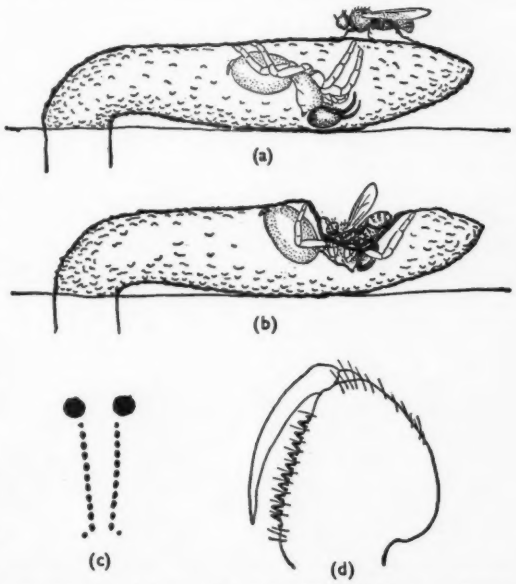


FIGURE 8 – (a) Atypus *sur le point de frapper un insecte à travers la paroi de son tube de soie clos;* (b) *tirant et appliquant l'insecte contre la paroi: cette action provoque deux lignes de perforations* (c) *dans la paroi grâce à la disposition des dents de l'article basal* (d). *En tirant et en s'aidant d'un crochet l'araignée transforme les perforations en une déchirure par laquelle elle fait passer l'insecte.*

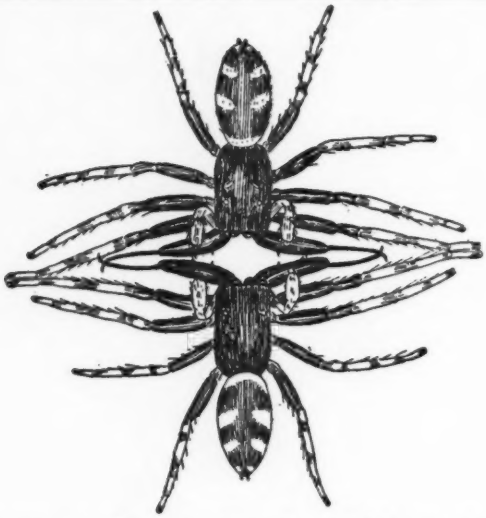


FIGURE 9 – *Lutte entre deux mâles de* Salticus scenicus *Linn.; les grandes chélicères sont étendues latéralement.*

la femelle puisse percevoir des sons — selon toute probabilité elle ne le peut pas — mais le frottement de dents contre une râpe, par exemple, peut donner naissance à des vibrations se transmettant le long des fils du piège.

Les araignées mygalomorphes rentrent dans la première catégorie, les *Linyphiidae* et d'autres constructeurs de toiles dans la seconde. Le détail des structures des organes stridulants varie beaucoup entre les différentes familles mais si la modification porte sur les chélicères le bord externe de l'article basal montre soit une râpe soit des épines à disposition spéciale produisant un son, ou des vibrations non-audibles pour l'oreille humaine, en frottant contre une dent ou des épines spéciales du fémur des palpes.

Les mâles effectuent des parades nuptiales généralement chez les araignées chasseuses qui voient loin (*Salticidae*, *Lycosidae*). Les mâles possèdent de nombreux éléments décoratifs qui, associés aux danses, révèlent leur identité à leurs femelles plus puissantes. La parade amène la soumission de la femelle, l'instinct sexuel inhibant l'instinct carnassier [3]. Les éléments décoratifs comportent l'élargissement de certains articles des pattes, des contrastes de couleurs ou de tons, des touffes de poils, etc., et le mâle exhibe soigneusement tous ces éléments à la femelle. Certains mâles de Salticides ont de très grandes chélicères, moins efficaces d'ailleurs que les chélicères de taille normale; chez *Salticus scenicus* Linn., araignée anglaise, c'est le seul ornement qui soit absent chez la femelle. Pendant la parade nuptiale, et aussi dans les combats entre deux mâles, l'animal déploie les articles basaux vers l'extérieur pour les montrer à la femelle à laquelle il fait face (figure 9).

Les mâles de Thomisides ont la vue courte, et une fois la femelle trouvée ne s'exposent pas à la perdre. La parade chez des animaux à vue courte serait sans effet aussi saisit-il hardiment le fémur d'une des pattes avant de la femelle et s'y maintient-il jusqu'à ce que la résistance cesse. La patte de la femelle ne subit aucun mal, du fait peut-être que les mâles de Thomisides ont des chélicères sans dents.

Chez les *Agelenidae* les femelles se soumettent au mâle après un jeu de pattes. Beaucoup de mâles d'Agélénides saisissent la femelle par une patte et la dispose en position convenable pour l'accouplement. Dans certains cas, les chélicères des mâles sont adaptées au maintien des chélicères des femelles pour éviter la morsure. Certaines espèces de *Dictyna* ont des articles basaux arqués; les chélicères des femelles se placent dans le creux et y sont maintenues fermées.

Les mâles de *Tetragnatha* ont tous un fort éperon chitineux ou une dent pointée vers l'extérieur des articles basaux de leurs chélicères. Lors de la réunion des sexes, la femelle ouvre ses chélicères comme pour mordre et le mâle les maintient largement ouvertes avec ces éperons. Ils s'accouplent dans cette position. *Pachygnatha* voisin de *Tetragnatha* ne construit plus de toile et mène une existence errante. Le mâle tient aussi les crochets de la femelle pendant l'accouplement mais d'une manière différente. Au milieu de la face interne de chacun des crochets se trouve une saillie située au niveau d'une grande dent de l'article basal. Venant au contact, elles laissent libre un petit espace vers la base du crochet. Les

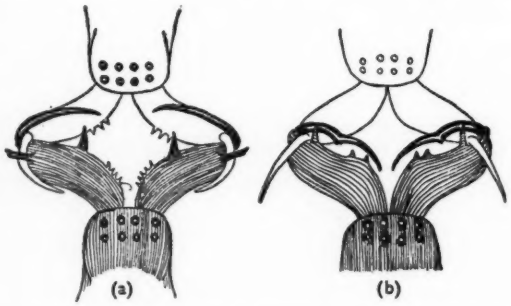


FIGURE 10 – (a) *Mâle de* Tetragnatha (*ombré*) *tenant ouverts les crochets de la femelle avec la dent spéciale de son article basal.* (b) Pachygnatha *mâle tenant comme dans des menottes les crochets de la femelle.*

crochets de la femelle y sont emprisonnés comme des poignets humains dans une paire de menottes (figure 10).

Les chélicères remplissent beaucoup de fonctions de maintien et nous n'essaierons pas d'en donner une liste complète. Par exemple, elles maintiennent les proies, et des piqûres très nettes à l'intérieur des trappes des araignées à terrier montrent que ce sont les crochets qui maintiennent la trappe fermée (figure 7). Certaines araignées, dont le genre *Pholcus*, tiennent leurs cocons à œufs dans les chélicères jusqu'à l'éclosion des jeunes.

Les araignées ne sont pas les seuls Arachnides à éjaculer leur sperme et à le transférer ensuite à la femelle par un acte séparé. Les Solifuges et certains Acariens possédant des chélicères en pinces s'en servent pour le transfert du sperme. Chez les araignées, le sperme est transféré par les palpes. Seules les Pholcides tiennent le sperme éjaculé dans leurs chélicères et le pompent ensuite dans leurs palpes. Les autres araignées l'éjaculent sur une petite toile et plongent leurs palpes dedans. Les chélicères des Pholcides, leurs mœurs et la simplicité de leurs organes sexuels ne peuvent-elles être considérées comme des caractères primitifs suivant la suggestion formulée ci-dessus quand nous retracions l'évolution des chélicères d'araignées?

Dans cette revue des fonctions remplies par les chélicères, il faut remarquer que très souvent on a pu rapporter l'existence d'une dent anormale, d'un éperon, d'une épine ou d'une anomalie à une adaption particulière. Il existe, cependant, certains cas de taille anormale dans le sexe mâle qui semblent n'avoir aucun rôle. Pourquoi, par exemple, les chélicères des mâles de *Linyphia triangularis* Clerck et de *Theridion ovatum* Clerck sont-elles plus grandes que celles des femelles? Nous savons tous que les mâles d'araignées sont sujets à des variations marquées de taille et que les chélicères des grands échantillons sont relativement plus grandes que celles des petits. Locket [7, 8] a étudié mathématiquement cette croissance allométrique dans plusieurs espèces et pense — comme moi-même d'après une observation générale — qu'elle est fréquente chez les araignées. On la trouve à coup sûr, par exemple, chez des Salticides telles que *Myrmarachne*, où la taille des chélicères des grands exemplaires mâles est démesurée. Si de telles anomalies ne constituent pas un grand handicap, l'espèce peut survivre.

En terminant cette revue, il faut mentionner que les chélicères portent les organes lyriformes et différents types de poils, soies et épines dont certains sont sans doute sensoriels, mais dont nous ne connaissons pas clairement la fonction précise.

SOMMAIRE

Les ancêtres des Arachnides avaient des chélicères en pinces. Au cours du Dévonien ou antérieurement le doigt fixe des pinces a diminué de taille chez certains représentants et s'est transformé en une dent, le doigt mobile prenant l'aspect d'un crochet (comme chez les *Trigonotarbi* dévoniens éteints et dans les ordres actuels des Uropyges, Amblypyges et Aranéides). L'auteur pense que la grande dent de l'article basal des araignées Pholcides est l'homologue du doigt fixe des pinces de leurs ancêtres. Très tôt dans l'histoire des Aranéides, au Carbonifère ou même antérieurement, apparaissent deux types de chélicères analogues à ceux que l'on trouve actuellement dans les sous-ordres des Mygalomorphes et des Aranéomorphes respectivement. Il est probable que le second type dérive du premier par torsion de l'article basal.

Les chélicères sont utilisées non seulement pour l'attaque et la défense, mais aussi pour mâcher et dépecer les proies, comme outils dans la construction, pour couper la toile, nettoyer les pattes. Elles servent encore à la stridulation, la parade nuptiale, le maintien de la femelle et des cocons à œufs, etc. Dans plusieurs cas, leur structure s'est modifiée dans un sens adaptif. L'auteur attire l'attention sur les fonctions spéciales des dents de l'article basal pour la macération des proies et le découpage d'un volet dans la paroi du tube d'*Atypus*, et aussi sur la manière dont *Arctosa perita* ferme l'entrée de son terrier avec ses chélicères.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Bristowe, W. S. *Ann. Mag. nat. Hist.*, Ser. 10, **8**, 469, 1931.
[2] *Idem* (avec un appendice de J. Millot). *Proc. zool. Soc. Lond.*, 1015, 1932.
[3] *Idem. Ray Soc. Publ.*, I, 1, 1939; II, 229, 1941.
[4] Enock, F. *Trans. R. ent. Soc. Lond.*, 389, 1885.
[5] *Idem. Ibid.*, 21, 1892.
[6] Hirst, S. *Ann. Mag. nat. Hist.*, Ser. 9, **12**, 455, 1923.
[7] Locket, G. H. *Ibid.*, Ser. 10, **9**, 407, 1932.
[8] Locket, G. H. et Gardiner, P. C. *Proc. zool. Soc. Lond.*, Ser. A, **107**, 487, 1938.
[9] Millot, J. *Bull. Soc. zool. Fr.*, 150, 1930.
[10] Monterosso, B. *Arch. zool. (ital.), Napoli*, **12**, 63, 1928.
[11] Nielsen, E. «The Biology of Spiders». Levin og Munksgaard, Copenhague. 1932.
[12] Petrunkevitch, A. *Trans. Conn. Acad. Arts Sci.*, **37**, 69, 1949.

Revue des livres

AGRICULTURE

FAULKNER, Edward: *Soil Restoration.* Pp. 208. Michael Joseph, Londres. 1953. 10s. 6d.

M. Faulkner expose ici, non sans longueurs, ce qu'il appelle la rénovation d'une petite pièce de terre, mais il a certainement choisi la voie difficile sans souci des frais. Il nous demande de croire que l'effort était justifié par l'absence de maladies et la qualité des récoltes. La plupart des théories qu'il présente sont loin d'être originales et nous avons bonne preuve que certaines sont complètement inexactes. On savait bien avant que M. Faulkner ait écrit son *Ploughman's Folly* qu'il y a des formes de culture préférables au labourage dans certains cas, mais l'expérience pratique et l'expérimentation poussée ont montré que la charrue reste dans l'ensemble un instrument des plus utiles. La valeur des terreaux est bien comprise, mais on se demande si l'auteur pense sérieusement que la production agricole puisse être maintenue au taux actuel en renforçant les résidus de récoltes et les terreaux par de l'eau souterraine «chargée de sels minéraux de toutes sortes». Il y a trop de fantaisie et pas assez de faits dans ce livre.

W. G. OGG

BIBLIOGRAPHIE

SMITH, W. A. et KENT, F. L., publié par, avec la collaboration de STRATTON, G. B.: *World List of Scientific Periodicals Published in the Years* 1900–1950. 3e édition. Pp. 1058. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1952. 12 guinées.

Cette édition de *World List* donne la liste de quelque 14 000 périodiques de plus que la seconde de 1934. La période d'hostilités 1939–45 vit la disparition momentanée de nombreuses revues d'institution ancienne et, sur le continent d'Europe en particulier, les années d'après-guerre ont assisté à leur renaissance ou leur réapparition sous des formes nouvelles et parfois toutes différentes. La parution d'une troisième édition sera donc des mieux accueillies.

Les rédacteurs prétendent n'avoir inclus que des revues concernant les sciences naturelles, terme qu'ils interprètent un peu trop largement car on se demande comment des publications telles que *Hunting, Camping and Fishing* de l'Illinois ou *Vins de luxe exotiques* de Paris se trouvent côte à côte avec les compte-rendus académiques des sociétés scientifiques du globe. L'emploi du mot «*World*» dans le titre est cependant amplement justifié, car la présence de la *New Guinea Agricultural Gazette* de Rabaul, par exemple, ou de *Grønlandsposten* de Godthaab témoigne de l'immense effort accompli pour offrir un tableau vraiment complet de la littérature scientifique mondiale. Quelques-unes seulement des publications citées sont introuvables dans aucune des 247 bibliothèques de Grande-Bretagne, mais la simple indication de leur existence aidera peut-être le bibliothécaire ou le chercheur.

La présentation ne diffère pas grandement de celle de la seconde édition, mais bien que certaines contradictions aient été supprimées, il reste encore quelques petits sujets d'irritation. La *World List* sert de modèle comme il convient aux bibliographes pour l'abréviation des titres de périodiques; il est difficile toutefois d'apprécier la distinction subtile faite entre l'emploi de l'abbréviation *roy.* pour *Royal* dans *Proceedings of the Royal Society of Victoria* et *R.* dans ceux de la *Royal Society of Medicine.* L'attention est arrêtée de temps en temps par des groupes compacts et déconcertants de revues russes dont les titres sont heureusement imprimés en caractères cyrilliens, suivis dans la plupart des cas d'une transcription. L'ordre alphabétique où elles sont citées exige une connaissance du système «anglais» de transcription cyrillique; une méthode internationale de transcription aurait augmenté la valeur déjà grande du livre.

G. N. J. BECK

BIOGRAPHIES

BAUMGARDT, Carola: *Johannes Kepler: Life and Letters*, avec une introduction d'Albert Einstein. Pp. 209. Victor Gollancz Limited, Londres. 1952. 12s. 6d.

Cet intéressant volume est essentiellement une courte biographie de Kepler qui offre en se déroulant un document de valeur: la première traduction anglaise de ses lettres choisies. L'auteur laisse à Einstein le soin d'évaluer l'œuvre scientifique de Kepler dans la brève introduction et se préoccupe surtout de présenter l'homme tel qu'il apparaît dans sa lutte contre l'adversité et dans sa correspondance.

Né prématurément, de santé perpétuellement fragile, la vue sérieusement endommagée par la petite vérole, mal payé, souvent avec retard et parfois pas du tout dans les divers postes qu'il occupa, il subvenait à ses besoins quand il le fallait par des calendriers et des prédictions. Protestant libéral à une époque où toute tolérance était suspecte et adepte de la théorie hérétique de Copernic, il découvrit les lois du mouvement planétaire qui ont depuis immortalisé son nom mais qui de son temps ne suscitaient aucun intérêt. La fin de sa vie fut durement éprouvée par les accusations de sorcellerie dirigées contre sa mère, mais comme le prouve sa correspondance, Kepler n'en conserva pas moins son enjouement, sa vivacité d'esprit et sa croyance en Dieu comme la source des lois spirituelles et physiques de l'univers.

Livre bien écrit qui éclairera amplement les lecteurs sur la personnalité de Kepler.

D. MCKIE

BERTIN, L., BOURDIER, F., DECHAMBRE, E., FRANÇOIS, Y., GENET-VARCIN, E., HEILBRUN, G., HEIM, R., PELSENEER, J., et PIVETEAU, J.: *Buffon*, publié par R. HEIM. Pp. 246, avec des illustrations en demi-teintes. Publications Françaises, Paris. 1952. 900 fr.

L'étonnante et si complexe personnalité de Buffon ne pouvait être peinte que par un ensemble de spécialistes qualifiés. F. Bourdier retrace «des principaux aspects de la vie et de l'œuvre de Buffon»: c'est la genèse de l'homme, observateur, érudit et métaphysicien et de son œuvre. Inattendu et révélateur est le «Buffon, homme d'affaires» dont L. Bertin retrace l'intense et prodigieuse activité. Le chapitre écrit par Y. François, «Buffon au jardin du Roi», souligne la tâche écrasante de celui qui, prenant la direction de ce jardin en 1739, en fit un établissement scientifique de premier ordre et, par cela, acquit son plus beau titre de gloire. J. Piveteau analyse la «Pensée religieuse de Buffon» oscillant sans cesse entre le spiritualisme et le matérialisme. «Une lettre inédite de Buffon à Guyton de Morveau à propos du phlogistique» que J. Pelseneer commente, dépeint un Buffon métaphysicien. Mme Genet-Varcin brosse une fresque rapide de la «Génération des êtres vivants d'après Buffon». C'est

l'expérimentateur habile et précurseur des biologistes modernes que fait revivre E. Dechambre à propos de «l'Article des Chiens dans l'Histoire Naturelle». L'homme enfin, son physique tout autant que son moral, sont à nouveau révélés par F. Bourdier dans le chapitre «Buffon d'après ses portraits» complété d'un ensemble de lettres inédites. La liste chronologique des œuvres de Buffon, dressée par G. Heilbrun, montre le cheminement d'une pensée et l'épanouissement progressif d'une œuvre immense.

Pour relier cet ensemble, il fallait un résumé: le Professeur Roger Heim, dans sa «Préface à Buffon» a condensé tous les articles en une synthèse magistrale de l'homme et de son œuvre, de son esprit et de son cœur, de ses qualités comme de ses défauts. De cet ensemble, admirablement illustré, d'impression fort soignée, émerge un Buffon, précurseur de génie, homme libre et méconnu, ayant puissamment contribué à la conquête et à la connaissance du monde et de ses mystères.

MAX VACHON

WADDINGTON, C. H.: *The Epigenetics of Birds*. Pp. 272, aves des figures. Cambridge University Press, Londres. 1952. 35s.

La science de l'hérédité montre que le développement de l'œuf fertilisé est déterminé par son contenu. L'étude de cette détermination, son analyse en processus séparés est ce que le Professeur Waddington appelle «épigénétique». Ses principes demandent de reconnaître la division entre noyau et cytoplasme à l'intérieur de la cellule, la localisation de la matière, sa diffusion limitée et variable et les dénivellations chimiques au sein des cellules et entre elles. Les progrès accomplis depuis font remarquer le caractère génétique des lignées cellulaires et des particules infectieuses dans le développement normal et dans la croissance des tumeurs. Les points débattus à l'heure actuelle se rapportent au caractère immunologique des tissus, aux réactions des constituants cellulaires constants et des hormones diffusantes et à l'imitation d'effets génétiques par des traitements expérimentaux de longueur déterminée.

Ces notions donnent une unité inductive à l'étude du développement chez tous les animaux et même, dans une certaine mesure, chez les plantes. Mais les matières sont si diverses et les processus si différemment coordonnés qu'on ne peut décrire en détail que des aspects isolés des méthodes et ne passer en revue que de petites sections de la littérature sur le sujet. C'est ce que l'auteur a tenté de faire en se limitant aux oiseaux et, plus particulièrement, aux travaux récents sur la manipulation de l'embryon de poulet. Ce terrain s'est malheureusement révélé en théorie comme l'un des moins fructueux en embryologie. En dépit de la préparation extrêmement consciencieuse, le résultat est donc assez mal assuré, sinon déprimant. On se demande en conséquence si le terme d'épigénétique, suggérant comme il le fait des principes génétiques fondamentaux, n'est pas prématuré et quelque peu trompeur. On a l'impression finale désagréable qu'il est incapable, avec la meilleure volonté du monde, de favoriser, d'évoquer ou d'organiser une science.

C. D. DARLINGTON

BOTANIQUE

CROIZAT, Léon: *Manual of Phytogeography*. Pp. VIII + 587, avec 105 cartes de répartition des végétaux et une figure. Dr. W. Junk, La Haye. 1952. 45 florins.

On s'attend normalement à trouver dans un ouvrage de géographie végétale l'exposition des principes fondamentaux et des méthodes de travail ainsi qu'une indication des conceptions et interprétations nouvelles, présentées de façon à retenir le lecteur moyen tout autant que le spécialiste. C'est, en effet, un trait essentiel de cette branche de la botanique que d'intéresser tout le monde et d'être comprise de tous. Ce livre captivant ne déçoit aucune de nos attentes, étant traité avec une vaste connaissance de la taxonomie et de la botanique générale et une vive curiosité concernant la dispersion des plantes dans l'espace et le temps — phénomènes qui sont certainement parmi les plus énigmatiques et les plus stimulants de ceux qui confrontent le botaniste. L'auteur a de fortes convictions sur ses propres conclusions et n'hésite pas à exprimer son désaccord avec les opinions d'autrui.

Les moyens de dispersion des plantes par les divers agents connus ne sont certainement pas aussi simples qu'on l'a supposé; en fait, certaines espèces n'ont aucun moyen évident de dispersion et se rencontrent pourtant très couramment. Elles se dispersent elles-mêmes à partir de centres d'origine. C'est ce genre de problème essentiellement que l'auteur s'est essayé de résoudre scientifiquement en étudiant des centaines de groupes et de familles différents. Les résultats de cette entreprise gigantesque couvrent plus de trois cents pages de faits taxonomiques et géographiques illustrés de nombreuses cartes. L'auteur n'ignore pas l'étendue de sa tâche et les pièges possibles et a sauvegardé sa position. Il n'en a pas moins progressé de manière constructive dans la voie ambitieuse qu'il s'est tracée d'offrir un tableau d'ensemble de la dispersion végétale dans l'espace et le temps. Les tableaux de répartition des plantes et des parentés taxonomiques forment la base d'où l'on peut tirer des généralisations importantes sur la migration des végétaux. C'est une méthode simple, mais qui conduit à des reconstitutions imaginatives et de grande portée dont la validité deviendra ou non évidente avec le temps et les recherches plus avancées. Le concept de *genorheitron* occupe une position centrale dans cette œuvre, à savoir que «les courants de vie végétale, chargés de possibilités évolutives» produisent des variétés, des espèces et des genres à des points déterminés de la dispersion, le tout constituant un processus biologique ordonné. Selon l'auteur, la phytogéographie n'a pas trait seulement à l'interprétation de la dispersion des plantes, mais aussi à leur évolution pendant ce temps.

En résumé, Croizat conclut que la grande flore angiosperme contemporaine provient du continent précrétacé de Gondwana (qui occupait presque toute l'étendue de l'Océan Indien actuel) d'où elle se répandit dans tous les continents d'aujourd'hui. Les migrations se seraient produites de façon ordonnée, précise et répétée à partir de centres de dispersion situés dans l'ancienne masse continentale du sud. L'avenir seul décidera de la valeur des conclusions principales de l'auteur, mais nous recommandons dès maintenant son livre vigoureux et imaginatif qui présente si clairement et agréablement les problèmes essentiels.

C. W. WARDLAW

INGOLD, C. T.: *Dispersal in Fungi*. Pp. 197, avec des illustrations en demi-teintes et des figures. Clarendon Press, Oxford. 1953. 18s.

La moitié de l'ouvrage précédent du Professeur Ingold, intitulé *Spore Discharge in Land Plants* (1939) était consacrée aux mycètes. Cette partie vient d'être revue et augmentée pour fournir

une étude complète de la dispersion des spores de ces végétaux.

Un chapitre de 80 pages sur la libération des spores décrit en détail l'orientation des tissus adaptés à cette fonction et le fonctionnement des divers appareils chargés de cette dispersion. L'auteur insiste sur les mécanismes de l'expulsion ascospore mais décrit aussi les «fusées d'eau» du *Basidiobolus*, la «catapulte» du *Sphaerobolus* et autres systèmes moins originaux d'émission de spores chez les *Phycomycètes* et les *Basidiomycètes*.

L'exposé de la dispersion ultérieure des spores libérées se continue sous les en-têtes: répartition des spores dans l'air, dispersion par les insectes et autres animaux plus importants, mycètes transportés par les graines et dispersion par l'eau. Ce dernier chapitre donne un bref aperçu, mais combien captivant, des travaux récents de l'auteur sur les mycètes aquatiques. On trouve une bibliographie à jour de 142 titres.

Le texte est admirablement illustré de huit planches et de quatre-vingt-dix dessins au trait, dont la plupart sont originales. Elles ont la légèreté qui convient au sujet et donnent une idée de l'enthousiasme qui inspira l'ouvrage.

R. W. MARSH

CHIMIE

Encyclopedia of Chemical Reactions, composée et publiée sous la direction de C. A. JACOBSON avec la collaboration de C. A. HAMPEL et E. C. WEAVER. Vol. 5. Pp. 787. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 120s.

Ce nouveau volume de la série comprend les éléments, du nickel au ruthénium, par ordre alphabétique. Le texte est fait d'explications des réactions accompagnées dans chaque cas d'équations chimiques et de renvois aux sources. Dans le cas du carbonate de nickel, par exemple, la formule $NiCO_3$ est répétée comme en-tête et l'on trouve plus bas le symbole du *réactant* dans chaque paragraphe. Des détails figurent parfois sur la façon dont se passe la réaction. On trouve aussi des index donnant les réactifs et les corps obtenus. Le volume, qui est l'œuvre de 118 collaborateurs, est bien imprimé sur du bon papier et fortement relié pour être utilisé en laboratoire.

Beaucoup des réactions sont bien connues et, dans des nombreux cas, le texte se réfère à la dernière publication sur la réaction en question, si bien qu'on en déduit que les renseignements donnés par une source antérieure ont été vérifiés. Les faits, bien que brièvement cités, sont parfois assez détaillés pour servir de guide dans une préparation. D'autres réactions sont plus intéressantes pour l'analyse et le texte cite alors le procédé à employer dans l'essai.

Il est évident que l'œuvre n'est pas destinée à remplacer les traités existants de chimie minérale mais à fournir sous forme condensée un choix de renseignements dont on peut avoir besoin sur-le-champ en laboratoire. Il semble bien qu'elle atteindra pleinement son but. Le lecteur trouvera peut-être des points de détail à critiquer, mais la série rendra dans l'ensemble grand service. L'emploi de ces volumes dans un laboratoire économisera beaucoup de temps. Nous y avons trouvé un grand nombre de réactions dont nous n'aurions même pas soupçonné l'existence. L'envergure du livre est suffisante pour intéresser le spécialiste. Jacobson est mort avant de voir son œuvre achevée, mais ses deux associés promettent de continuer la série. Ouvrage utile recommandé à tout laboratoire de chimie.

J. R. PARTINGTON

POLLARD, F. H. et MCOMIE, J. F. W.: *Chromatographic Methods of Inorganic Analysis*. Pp. VIII + 192, avec des illustrations en demi-teintes, des figures et un frontispice en couleur. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1953. 30s.

BRIMLEY, R. C. et BARRETT, F. C.: *Practical Chromatography*. Pp. 128, avec des illustrations en demi-teintes et des figures. Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 15s.

La littérature chromatographique mondiale a maintenant atteint des proportions intimidantes pour le profane et gênantes même pour le chercheur expérimenté. Il y a donc un besoin réel d'ouvrages critiques concis rendant le sujet plus accessible.

Fait indicateur du mode de ce développement: les études poussées actuelles ont tendance à traiter des subdivisions de la question plutôt que de son ensemble, comme par exemple du partage et de l'échange d'ions — problèmes sur lesquels les auteurs sont spécialement bien informés. Un de ces aspects à développement rapide récent est celui de la chromatographie minérale. Bien que les premiers travaux sur ce terrain remontent à Runge il y a plus d'un siècle, c'est dans les dix dernières années seulement qu'il a été intensivement — et très avantageusement — exploré. Les publications sur ce point sont presque toutes récentes. Bristol est le centre où les recherches ont été poursuivies avec le plus d'intensité; nous accueillons donc avec un intérêt spécial l'ouvrage de deux de ses principaux chercheurs: *Chromatographic Methods of Inorganic Analysis* présente clairement et brièvement ce qu'on attend dans un volume de ce titre. L'angle est essentiellement pratique, bien que certains chapitres traitent de questions aussi générales que l'histoire et les principes de la chromatographie. On a l'impression à plusieurs reprises que les auteurs, ayant rencontré des difficultés, les ont résolues par des moyens et des méthodes simples et ont passé sans en avoir l'air le bénéfice de leur vaste expérience de laboratoire au lecteur. Nous recommandons vivement le livre à tous ceux qui s'occupent du sujet.

Practical Chromatography est, comme l'indique le titre, un manuel de laboratoire. Il est naturellement mieux documenté sur les questions qui intéressent spécialement les auteurs et manque ainsi d'équilibre. La chromatographie à phases inversées, par exemple, est traitée trop brièvement, même en tenant compte de sa nouveauté. Par contre, l'excellente étude de la chromatographie des gaz fait bien d'attirer l'attention sur une question qui n'a pas encore été suffisamment sondée. Les besoins pratiques ne sont nulle part oubliés et le lecteur trouvera de nombreuses indications utiles de méthode et d'outillage. Tous les laboratoires utilisant la chromatographie devront posséder ce livre comme ouvrage de référence.

TREVOR I. WILLIAMS

RADLEY, J. A.: *Starch and its Derivatives*. Vol. 1, 3e édition. Pp. 510, avec des illustrations en demi-teintes et des figures. Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 65s.

Ce volume fait une revue consciencieuse de la seconde édition parue en 1943 et une grande quantité de matières nouvelles a dû être examinée. L'auteur a été aidé dans sa tâche par neuf chimistes spécialistes des hydrates de carbone. Son livre fait donc autorité sur la question. On y trouve un chapitre de S. Peat sur le rôle biologique de l'amidon et un excellent sommaire par L. Hough et J. K. N. Jones des preuves chimiques de la

constitution des composants de l'amidon.

On note avec un intérêt spécial les apports des chimistes américains qui traitent des fractionnements de ce corps, des céréales cireuses et des amidons qui se colorent en rouge avec l'iode ainsi que des dextrines, de la conversion en dextrine et des esters et éthers de l'amidon, ces dernières contributions étant l'œuvre de E. F. Degering.

Les chapitres suivants s'occupent des amylases. Après l'étude générale de la question, Radley décrit la préparation des enzymes utilisées dans l'industrie de l'amidon et l'action des amylases α- et β- sur ce corps.

Les diverses méthodes d'approche du problème de l'amidon sont examinées, de sorte que le volume intéressera les chimistes de l'université comme de l'industrie. Les références à la littérature sur le sujet sont abondantes mais soigneusement choisies. En dépit du nombre des auteurs, il règne dans le livre une agréable cohérence. Les erreurs d'impression sont heureusement inexistantes. On regrette que la préface contienne des opinions douteuses sur la valeur des articles scientifiques.

E. E. TURNER

WISE, L. E. et JAHN, E. C., publié sous la direction de: *Wood Chemistry*. 2e édition, 2 vol. Pp. 1277 + des index, avec des illustrations en demi-teintes et des figures. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1952. 120s. le volume.

La connaissance de la chimie élémentaire du bois devient de plus en plus nécessaire à ceux qui s'occupent de son utilisation comme matière première dans l'industrie chimique ou dans la construction. Peu après sa parution en 1944, la monographie n° 97 de l'American Chemical Society, *Wood Chemistry*, devint l'ouvrage standard sur la question. Depuis, les progrès ont été si rapides que cette nouvelle édition occupe deux volumes.

L'œuvre entière a été soigneusement revue et un grand nombre de chapitres, tous écrits par des spécialistes, ont été considérablement augmentés ou entièrement refaits et mis à jour chacun par un auteur différent. Plusieurs nouveaux chapitres ont été ajoutés sur d'autres aspects du sujet. La chimie fondamentale du bois est traitée au volume I qui renferme une étude complète de la chimie des composants principaux (cellulose, hémicelluloses et lignine) et secondaires du bois. Cette dernière partie fait une exposé unique et de valeur sur les composés organiques extrêmement variés que l'on trouve parmi les corps étrangers entrant dans sa composition.

Le volume II étudie à fond les applications du sujet qui comprennent non seulement les divers aspects chimiques de l'industrie du bois, mais les propriétés de surface des matières cellulosiques, la décomposition du bois par les micro-organismes et son analyse chimique. Alors que les nombreux points de valeur de la première édition ont été conservés et dans certains cas améliorés, les deux contributions nouvelles les plus remarquables sont probablement le chapitre de H. Erdtman sur le duramen des conifères et leur taxonomie ainsi que l'exposé magistral de W. G. Campbell sur la décomposition biologique du bois, contenant des matériaux jamais rassemblés jusqu'ici en un seul article.

La présentation est excellente et la monographie est très abondamment documentée. Il y a un index des sujets mais non des auteurs.

R. H. FARMER

MÉDECINE

BROWNING, Ethel: *Toxicity of Industrial Organic Solvents*. Edition revue. Pp. 411. Her Majesty's Stationery Office, Londres. 1953. 35s.

La première édition du livre (1937) est encore présente à la mémoire de beaucoup de chercheurs, industriels compris, qu'elle avertit des dangers possibles de l'emploi des dissolvants. Elle fut vite épuisée, au grand regret de ceux qui ne purent se la procurer et quinze ans passèrent avant qu'elle ne fût renouvelée. Au premier abord, on voudrait critiquer un tel retard, beaucoup trop long pour une œuvre de cette importance, mais on se rend compte en parcourant l'ouvrage de l'énormité du travail accompli en passant en revue la littérature sur la question. La place manque pour lui rendre justice, mais c'est nettement un livre qu'on devrait trouver entre les mains de ceux qui ont charge de la santé industrielle et de tous les chefs d'usines utilisant des dissolvants.

Chaque monographie cherche à donner les constantes physiques essentielles du corps, ses usages, sa toxicité aiguë et chronique pour l'homme et les animaux, sa concentration permissible dans l'air et dans un grand nombre de cas sa détermination, ainsi que ses effets pathologiques sur les tissus vivants.

Il semble que le livre sera d'une grande utilité pour contrôler les conditions dans lesquelles travaillent les ouvriers et déceler les premiers effets toxiques sans attendre les indispositions sérieuses et même fatales. Pour ceux qui désirent étudier la toxicité d'un dissolvant particulier, notons qu'il y a plus de 42 pages de notes comprenant plus de 1500 noms.

En conclusion, offrons nos meilleurs remerciements et félicitations à l'auteur.

G. ROCHE LYNCH

ECCLES, J. C.: *The Neurophysiological Basis of Mind*. Pp. 314, avec des figures. Oxford University Press, Londres. 1953. 25s.

Ce livre, reproduisant huit conférences données par le Professeur Eccles au cours du premier trimestre de 1952 à Magdalen College, Oxford, est véritablement une œuvre remarquable. Comme l'indique le titre, son but était de découvrir le chaînon manquant entre les activités du cerveau que l'on sait maintenant de plus en plus analyser avec tous les raffinements de la technique physiologique moderne et ces activités que nous attribuons à l'esprit et dont la connaissance nous semble la plus directe, étant indépendante de toute intervention des sens. Nous recueillons des preuves tous les jours de l'étroite relation de ces processus mentaux avec l'intégrité fonctionnelle du cerveau et sa circulation d'une complication fantastique où les excitations et les inhibitions se croisent au travers d'un nombre presque inconcevable de synapses. La signification de cette dépendance intime entre des séries de faits essentiellement disparates au premier abord peut paraître au physiologue comme au philosophe être l'ultime mystère à découvrir; mais, jusqu'ici, aucun maître de ces deux disciplines n'a vu la possibilité de le sonder. Certains pourront se contenter de se demander si l'esprit conscient sera jamais capable de démêler l'écheveau infiniment compliqué des phénomènes matériels du cerveau, dont les activités de l'esprit dépendent si étroitement et si mystérieusement et échapper ainsi aux illusions de spontanéité, de volition et de liberté. Quand on observe les mouvements de l'amibe, on ne peut s'empêcher de considérer certains d'entre eux comme «volontaires» tout en n'hésitant pas à leur donner une signification matérielle et déterministe.

Nous sommes nous-mêmes incapables de débrouiller cet enchaînement et nous ne nous attendons certainement pas à ce que l'amibe le puisse.

L'auteur n'est pas toutefois disposé à reculer devant le problème toujours intangible. Il prépare au contraire ses auditeurs à sa tentative de résolution en exposant avec une extrême minutie la dernière analyse physiologique des activités du système nerveux complet accompagnée d'une esquisse appropriée de son anatomie. Pour un auditoire vraisemblablement mêlé, les chapitres reproduisant ces sept conférences et introduisant le problème fondamental de la huitième pourront sembler à certains excessivement détaillés. Un physiologue, par contre, y verra peut-être un tour de force et admirera, à propos, l'habileté d'Eccles à défendre aux chapitres III et IV en particulier, une cause à laquelle il offrait jusqu'à sa conversion récente et inattendue une résistance acharnée et encourageante. La préface conseille, d'ailleurs, aux lecteurs non avertis de sauter pas mal de pages dans ces chapitres spécialisés afin d'arriver plus vite au cœur de la question.

Le lecteur pensera-t-il qu'Eccles est arrivé plus près qu'aucun de ses éminents prédécesseurs de la solution — à savoir la découverte d'un lien intelligible entre des ordres d'expériences apparemment incompatibles? Nous en doutons. «L'hypothèse neurophysiologique», écrit-il (p. 277), «suppose que le *vouloir* modifie l'activité espace-temps du réseau cérébro-spinal en exerçant des *champs d'influence* espace-temps qui agissent par l'intermédiaire de cette unique fonction détectrice de l'écorce cérébrale active». On ne peut s'empêcher de croire que l'esprit du lecteur ne pourrait accepter cette théorie qu'une fois engourdi et stupéfié par les exposés techniques luxuriants des chapitres antérieurs. L'auteur ne recule pas, cependant, devant ce qui paraît la simple signification d'une déclaration aussi impressionnante. Ce que nous appelons *esprit* est nettement sous la dépendance quelconque de phénomènes matériels que nous enregistrons avec une précision croissante de détails dans le cerveau; pour comprendre cela, nous n'avons qu'à supposer, paraît-il, que l'esprit est capable d'exercer des «champs d'influence» espace-temps (quelle qu'en soit la signification) sur des événements matériels. Et, comme preuve de la vraisemblance d'une telle supposition, Eccles cite les revendications statistiques maintenant bien connues d'une influence «psychocinétique» de l'esprit sur la chute de dés, par exemple.

Convaincant? Loin de là. Mais quiconque s'intéressant à cette question ne devra manquer de lire cet assemblage magistral de documentation physiologique du Professeur Eccles ou ne pourra s'empêcher d'admirer son courage et son indépendance d'esprit.

H. H. DALE

PHILOSOPHIE

COULSON, C. A.: *Christianity in an Age of Science* (Riddell Memorial Lectures). Pp. 53. Oxford University Press, Londres. 1953. 5s.

Le Professeur Coulson envisage ici la place qui revient à la religion dans une époque scientifique et résout le problème en considérant l'attitude d'un homme de science envers la question entière de réalité et de vérité, montrant qu'elle fournit aussi une méthode naturelle d'approche de la religion. Les expériences du savant sont primordiales à ses yeux et ses conceptions scientifiques (électrons, gènes, etc.) ont le rôle de les relier en un système satisfaisant et coordonné. Il existe toutefois d'autres ordres de choses qui réussissent tout autant à enchaîner des expériences. Ainsi, quand un homme dit que le concept de Dieu lui permet de relier la plupart de ses expériences profondes, son attitude est essentiellement la même que celle du savant. L'évolution qui nous conduit à une croyance en Dieu est du même ordre que celle qui nous amène à croire en l'existence d'un esprit chez l'homme. Prenant ce point de départ, l'auteur arrive finalement à une croyance en l'unité cohérente de toute réalité, Dieu étant le principe intégrant dont les lois scientifiques, les efforts artistiques et les expériences religieuses ne sont que des facettes.

EDMUND WHITTAKER

PHYSIQUE

LYTTLETON, R. A. *The Stability of Rotating Liquid Masses*. Pp. 151, avec des figures. Cambridge University Press, Londres. 1953. 35s.

En 1687 Newton déclara que la précession était due à l'attraction solaire et lunaire sur la protubérance équatoriale de la terre considérée comme un sphéroïde aplati; un demi-siècle plus tard, Maclaurin montrait que le sphéroïde aplati est une figure possible d'équilibre d'une masse fluide en rotation. La question ainsi amorcée a fait de grands progrès depuis deux cents ans. Jacobi prouva qu'un ellipsoïde à trois axes inégaux est aussi une forme possible d'équilibre et Sir George Darwin étudia ce qu'il appelait les figures piriformes, tandis que Poincaré, suivi par Jeans en particulier, vérifiait leur stabilité. Ces investigations parurent indiquer qu'un liquide en rotation peut se diviser finalement en deux portions séparées tournant orbitalement l'une autour de l'autre. Cette explication possible des étoiles binaires fut proposée par Jeans dans ses ouvrages de cosmogonie parus en 1919 et 29.

Lyttleton s'occupe surtout de ce problème de l'évolution des masses liquides gravitantes et son principal succès est de montrer que la dynamique s'oppose au phénomène de fission. Le dernier chapitre renferme une discussion intéressante de certaines opinions sur l'origine des planètes et des satellites.

EDMUND WHITTAKER

ZOOLOGIE

RICKETTS, E. F. et CALVIN, J.: *Between Pacific Tides*. 3e édition revue par Joel W. HEDGPETH. Pp. XIV + 502, avec 134 figures dans le texte et de nombreuses planches. Stanford University Press, Californie; Geoffrey Cumberlege, Londres. 1953. 48s.

On a du plaisir à faire la critique d'un livre qui représente un fait unique dans l'histoire de la littérature biologique. C'est en effet le premier ouvrage populaire décrivant les zones intercotidales sur une côte aussi longue que celle des Etats-Unis le long de l'Océan Pacifique ainsi que la répartition et l'histoire naturelle de la faune par rapport à cette division. Il remporte un succès bien mérité depuis sa première édition en 1939 et, en dépit de sa présentation populaire, est indispensable aux étudiants et aux biologistes de profession. L'auteur principal, E. F. Ricketts, mourut prématurément dans un accident d'auto et sa perte nous prive d'un naturaliste original et génial comme d'une personnalité de grande distinction. Elle est un peu adoucie par l'addition, dans cette nouvelle édition publiée sous la direction de Joel Hedgpeth, de détails personnels sur cet auteur qui seront inconnus à beaucoup de lecteurs. Le Dr. Hedgpeth a dirigé cette publication avec maîtrise et a fait des additions qui seront les bienvenues sur les algues et la question générale de la division en zones intercotidales.

T. A. STEPHENSON

Livres reçus

(*Note.* La mention à cette page n'exclut pas la possibilité de revue ultérieure.)

ASTRONAUTIQUE

CLEATOR, P. E.: *Into Space*. Pp. 159. George Allen and Unwin Limited, Londres. 1953. 15s.

BIOCHIMIE

FENTON, J. S. et SIMMONDS, S.: *General Biochemistry*. Pp. XII + 940. Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 80s.

WILLIAMS, R. T. (publié sous la direction de): *Biological Transformations of Starch and Cellulose*. Pp. 84. Biochemical Society Symposia No. 11. Cambridge University Press, Londres. 1953. 10s. 6d.

BIOLOGIE

DARLINGTON, C. D.: *The Facts of Life*. Pp. 467. George Allen and Unwin Limited. Londres. 1953. 35s.

DAWES, Ben: *A Hundred Years of Biology*. Pp. 429. Gerald Duckworth and Company Limited, Londres. 1953. 30s.

EPHRUSSI, Boris: *Nucleo-Cytoplasmic Relations in Micro-Organisms*. Pp. VIII + 127. Oxford University Press, Londres. 1953. 18s.

FOGG, G. E.: *The Metabolism of Algae*. Pp. 149. Methuen and Company Limited. 1953. 8s. 6d.

Kosmos-Lexikon der Naturwissenschaften, A–K. Pp. 1591. Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart. 1953. Demi-toile DM. 29,50; demi-cuir DM. 36.

PIVETEAU, Jean (publié sous la direction de): *Traité de Paléontologie*, Vol. III. Pp. 1064. Masson et Cie., Paris. 1953. Broché 9600 fr.; cartonné 10 320 fr.

SÉGAL, J.: *Le Mécanisme de la Vision des Couleurs*. Pp. 347. G. Doin et Cie, Paris. 1953. 3000 fr.

CHIMIE

ADAMS, Roger (publié sous la direction de): *Organic Reactions*, Vol. VII. Pp. 440. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 72s.

BUOGO, Giulio: *Analisi Fisico-Chimiche*. I. 2e édition révisée. Pp. 302. Sansoni Edizioni Scientifiche, Florence. 1953. 2500 lires.

COOK, J. W. (publié sous la direction de): *Progress in Organic Chemistry*, Vol. II. Pp. 212. Butterworths Scientific Publications, Londres. 1953. 42s.

DUNLOP, A. P. et PETERS, F. N.: *The Furans*. Pp. 867. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 144s.

GILMAN, Henry: *Organic Chemistry*, Vols. III et IV. Pp. 580 + XXXVIII et 665 + XXXVIII. John Wiley and Sons Inc., New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 70s. chaque volume.

INGOLD, C. K.: *Structure and Mechanism in Organic Chemistry*. Pp. 828. G. Bell and Sons Limited, Londres. 1953. 77s. 6d.

PASCAL, Paul: *Notions Elémentaires de Chimie Générale à la Lumière des Théories Modernes*. Pp. 550. Masson et Cie., Paris. 1953. 3600 fr.

WALKER, J. Frederic: *Formaldehyde*. Deuxième édition. Pp. 575. Reinhold Publishing Corporation, New York; Chapman and Hall Limited, Londres. 1953. 96s.

GÉOLOGIE

CAROZZI, Albert: *Pétrographie des Roches Sédimentaires*. Pp. 250. F. Rouge et Cie., Lausanne. 1953. 23,40 fr. suisses.

KUBIËNA, W. L.: *The Soils of Europe*. Pp. 317. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid; Thomas Murby and Company, Londres. 1953. 75s.

RODOLICO, Francesco: *Le Pietre delle Città d'Italia*. Pp. 475. Le Monnier, Florence. 1953. 5000 lires.

STEPHENS, C. G. *A Manual of Australian Soils*. Pp. 48. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Australia. Melbourne. 1953. 25s.

HISTOIRE DE LA SCIENCE

VON DECHEND, Herta: *Justus von Liebig*. Pp. 141. Verlag Chemie GmbH., Weinheim. 1953. DM. 8,40.

FREDERICQ, Léon: *Un Pionnier de la Physiologie*. Pp. 232. Masson et Cie., Paris. 1953. 1345 fr.

MORTON, Friedrich: *Hallstatt und die Hallstattzeit*. Pp. 122. Verlag des Musealvereines, Hallstatt. 1953. 25 schillings autrichiens.

PHYSIQUE

BLEULER, E. et GOLDSMITH, G. J.: *Experimental Nucleonics*. Pp. 393. Sir Isaac Pitman and Sons Limited, Londres. 1953. 30s.

SWANSON, Howard E. et TATGE, Eleanor (Vol. I); SWANSON, Howard E. et FUYAT, Ruth K. (Vol. II): *Standard X-ray Diffraction Powder Patterns*. Pp. 95 et 65 respectivement. U.S. Government Printing Office, Washington. 1953. 45 cents chaque volume.

WHITTAKER, Sir Edmund: *History of the Theories of Aether and Electricity — The Modern Theories* 1900–1926. Pp. 319. Thomas Nelson and Sons, Edimbourg. 1953. 32s. 6d.

SCIENCES GÉNÉRALES

BUOGO, Giulio: *Preservazione e Conservazione degli Alimenti*. Pp. 221. Editori-Carlucci, Bari. 1953. 1800 lires.

VON FOERSTER, Heinz (publié sous la direction de): *Cybernetics* (Transactions of the Ninth Conference, 20–21 Mars 1952). Pp. 184. Josiah Macy Jr. Foundation, New York. $4.

TECHNOLOGIE

AGGER, L. T.: *Principles of Electronics*. Pp. 340. Macmillan and Company Limited, Londres. 1953. 18s.

Un Demi Siècle de Progrès dans les Travaux Publics et le Bâtiment, 1903–1953. Pp. 211 + CXCI. Le Moniteur des Travaux Publics et du Bâtiment, Paris. 1953. 1400 fr.

DIRINGER, David: *The Hand Produced Book*. Pp. 603. Hutchinson's Scientific and Technical Publications, Londres. 1953. 60s.

Reviews of Petroleum Technology: Pp. 360 + VIII. Institute of Petroleum, Londres. 1953. 50s.

ZOOLOGIE

GONZALEZ-RINCONES, Rafael et GUYON, Luisa: *Clasificación General de los Dípteros*. Pp. 243. Universidad Central de Venezuela, Caracas. 1953. 15 bolívars.

GRAY, James: *How Animals Move*. Pp. 114. Cambridge University Press, Londres. 1953. 16s.

PALOMBI, Arturo et SANTARELLI, Mario: *Gli Animali Commestibili dei Mari d'Italia*. Pp. 349. Ulrico Hoepli, Milan. 1953. 3800 lires.

RIBBANDS, Ronald: *The Behaviour and Social Life of Honeybees*. Pp. 352. Bee Research Association Limited, Londres. 1953. 21s.

Notes biographiques sur les collaborateurs

W. F. LIBBY

Est né en 1908 au Colorado et diplômé de l'Université de Californie. Il fut nommé en 1945 professeur de chimie au Centre de recherches nucléaires de l'Université de Chicago. Fait partie depuis 1950 du comité général consultatif de la Commission d'Energie Atomique des Etats-Unis.

A. ARMITAGE

Né en 1902, étudia à *University College* à Londres où il obtint ses diplômes d'astronomie. Il enseigne depuis 1927 au Département d'Histoire et de Philosophie scientifiques du même établissement. Il est l'auteur de *Copernicus, the Founder of Modern Astronomy* (1938), *Sun Stand Thou Still* (1947), *Copernicus and the Reformation of Astronomy* (1950) et de *A Century of Astronomy* (1950). Il est membre et conseiller de la *Royal Astronomical Society* et de la *British Society for the History of Science.*

R. DOHRN

Fils d'Anton Dohrn, naquit à Naples en 1880 et fit ses études à Munich. Il étudia la zoologie aux Universités de Leipzig et de Marbourg et fut diplômé en 1904. En 1905 fut nommé adjoint au Centre Zoologique de Naples sous son père, le fondateur, et en devint directeur à la mort de ce dernier en 1909.

D. TABOR

Est né à Londres et a fait ses études au *Regent Street Polytechnic* et au *Royal College of Science.* Après une période de recherches sous la direction de Sir George Thomson sur la diffraction des électrons, il s'associa avec le Dr. F. P. Bowden pour l'étude de problèmes de la physique des surfaces. Il a réalisé de nombreux travaux expérimentaux sur ce sujet à Cambridge et en Australie. Il est actuellement directeur-adjoint au Laboratoire de recherches sur la Physique et la Chimie des surfaces à Cambridge.

G. H. BEALE

Né à Londres en 1913. Fut diplômé de botanique au *Royal College of Science* en 1935, puis s'occupa de génétique végétale à la John Innes Horticultural Institution jusqu'en 1940. En 1946–7 il étudia la génétique bactérienne à l'Institut Carnegie de Cold Spring Harbor, New York. Il enseigne depuis 1948 au Centre de génétique animale à l'Université d'Edimbourg.

K. PRZIBRAM

Né à Vienne en 1878 il y étudia ainsi qu'à Graz où il fut diplômé en 1901. Il travailla pendant un an (1902–3) sous la direction de J. J. Thomson au *Cavendish Laboratory* à Cambridge et retourna à Vienne en 1905 où il fut successivement maître de conférences de physique, assistant à l'*Institut für Radiumforschung* (1920) et professeur extraordinaire (1927). Congédié par les Nazis en 1938, il se réfugia à Bruxelles en 1940. En 1946 il revint à Vienne comme directeur de l'Institut de Physique de l'Université et prit sa retraite, à titre de professeur honoraire, en 1951. Est membre de l'Académie autrichienne des Sciences. Il a publié de nombreux articles, principalement sur les décharges dans les gaz, les mouvements browniens et la couleur et luminescence des cristaux.

W. S. BRISTOWE

Naquit en 1901 et étudia à Cambridge. Il prit part à des expéditions universitaires dans l'Arctique et au Brésil mais, depuis son départ de Cambridge, ses recherches poussées sur les araignées ont été poursuivies à des moments perdus. Il dirige actuellement le Service central du personnel des Imperial Chemical Industries Limited. Oeuvre principale parue: *The Comity of Spiders* (Ray Society, Vol. I, 1939; Vol. II, 1941).